

Politecnico di Milano
Facoltà di Architettura Civile
Corso di Laurea Magistrale in Scienze dell'Architettura

A.A. 2010/2011

COMPLESSITA' URBANE ED ELEMENTI ARCHITETTONICI

**L'ECOSOSTENIBILE PER LA RIQUALIFICAZIONE DI UN'EX AREA
INDUSTRIALE A VERCELLI**

relatore: Prof. Davide DEROSI
relatore: Prof. Emilia COSTA
correlatore: Prof. Lorenza PETRINI

Tesi di Laurea di:

Stefania ARDEMAGNI 739462
Valentina MORELLI 739504

INTRODUZIONE

La città di Vercelli ha una storia molto antica, oggi dimenticata dagli stessi vercellesi.

La posizione strategica in cui si colloca l'ha portata, nel corso della storia, ad essere oggetto di diversi contenziosi politico – amministrativi, dai quali la città ha sempre cercato, e forse cerca tutt'ora, di uscire, confrontandosi con le più grandi e importanti città vicine, come Milano e Torino, e puntando su fattori economici e sociali che le grandi città non sono più in grado di gestire.

Fin dagli anni cinquanta, Vercelli ha cercato di uscire dalla crisi del dopoguerra, organizzando la sua struttura economica su fattori per lei tradizionali, come la coltivazione del riso.

Vercelli è una delle città italiane più importanti ed affermate in questo settore, tanto da diventare negli anni un'importante base economica derivante da tale coltivazione, che le ha permesso di rimanere per diversi anni, e ancora oggi, un punto di riferimento per questo tipo di produzione.

Il suo ruolo predominante e quasi esclusivo di specializzazione produttiva però, ha portato a Vercelli, oltre che fortuna, anche molti limiti allo sviluppo territoriale e sociale. (Nonostante la completa integrazione tra popolazione locale e comunità immigrate) *Pur essendo perfettamente integrati immigrati e vercellesi*, si può notare come l'espansione territoriale della città sia rimasta praticamente invariata dalla metà del XX secolo ad oggi. Tale fenomeno è dovuto sia ai vincoli naturalistici, quali il fiume Sesia ad est, sia dalla volontà dei cittadini di preservare quel territorio che, ad oggi, sembra più corrispondere ad una cittadina, piuttosto che ad una città vera e propria quale dovrebbe essere un territorio provinciale.

E' forse proprio questo il punto di forza di Vercelli.

Il rimanere isolata e conservata in se stessa, suscita curiosità nei suoi confronti; scoprire anditi e luoghi rimasti tali da secoli, leggere nelle facciate e nei palazzi d'epoca la storia e il passato della città, porta ad una riflessione. La forte volontà di conservare e di tramandare

le tradizioni, sia architettoniche che sociali, denota sicuramente una fermezza ed una consapevolezza storica quasi inconscia.

I vercellesi, infatti, non sembrano interessati al passato e alla storia della loro città, piuttosto tendono a viverla oggi come allora, come realtà unica ed isolata all'interno del territorio circostante.

Un grande passato, un consapevole presente, ma soprattutto un nuovo futuro: è su questi principi che si basa la proposta di intervento sull'area da noi presa in esame.

Ritrovarsi in una parte di città, dove il passato ha lasciato i suoi forti segni, dove oggi si parla di ecologia e benessere, ci ha "obbligato" a non dimenticare la storia. L'importanza del contesto, dei luoghi storici più importanti, ma soprattutto dei cittadini, ci ha portati ad attuare un ragionamento mirato alla realizzazione di un progetto consapevole e sperimentale, di un'alternativa possibile e doverosa nei confronti della città.

Il nuovo si affianca all'antico, lo guarda e ne trae spunto, lo comprende e lo modifica, lo adatta e lo sfrutta a servizio del cittadino e del territorio, che devono essere oggi, a nostro giudizio, i principali attori della rappresentazione architettonica e sociale.

Il compenetrarsi di diverse realtà quali la campagna, il centro storico, la periferia e la natura, hanno suscitato in noi la volontà di approfondire argomenti diversi tra loro, ma che si parlano e si osservano reciprocamente, dove l'uno comprende (e a volte esclude) l'altro.

L'intento della nostra tesi è stato quello di coniugare diversi argomenti per noi estremamente importanti nella società moderna, quali la storia, la tecnologia e la salvaguardia del territorio all'interno della città di Vercelli, che ci ha permesso di sperimentare nuove idee di progettazione integrata, grazie alle complessità e alle contraddizioni dei luoghi.

“Ambiguità e tensione permeano un'architettura di complessità e contraddizione. L'architettura è forma e sostanza, astratta e concreta, il suo significato dipende dalle sue caratteristiche interne e dal contesto in cui si colloca. Un elemento architettonico è percepito come forma e struttura, trama e materiale. Queste relazioni oscillanti, complesse e contraddittorie, generano l'ambiguità e la tensione caratteristiche del mezzo architettonico”.

R. Venturi, 1980. *Complessità e contraddizioni nell'architettura.*

INDICE GENERALE

PARTE PRIMA: ANALISI STORICA

1. QUADRO STORICO DELLA CITTÀ DI VERCELLI

- | | |
|-------------------------------------|------|
| 1.1. CENNI DI PREISTORIA | P.2 |
| 1.2. PRIME MURA ROMANE | P.4 |
| 1.3. DAI LONGOBARDI AL XX SECOLO | P.7 |
| 1.4. SITUAZIONE ATTUALE DELLA CITTÀ | P.23 |
| 1.5. SOMMARIO CRONOLOGICO | P.27 |

2. IL BORGO DI PORTA MILANO

- | | |
|--|------|
| 2.1. STORIA DEL BORGO | P.28 |
| 2.2. ANALISI AREA DI PROGETTO NEL QUARTIERE DI
PORTA MILANO | P.33 |
| 2.3. CARATTERI DELL'ISOLATO | P.40 |
| 2.4. L'EDIFICATO | P.41 |

3. IL CERVO

P.47

4. DALLE MURA AI VIALI ALBERATI

- | | |
|---|------|
| 4.1. DA PORTA TORINO A VIA FRANCESCO BORGOGNA | P.50 |
| 4.2. DALLA CANONICA A PORTA MILANO | P.57 |
| 4.3. I PONTI | P.61 |

4.4. I SOBBORGH	P.61
------------------------	-------------

5. LA VIA FRANCIGENA: CORSO LIBERTÀ

5.1. CENNI STORICI SULLA VIA FRANCIGENA	P.63
--	-------------

5.2. CORSO LIBERTÀ	P.66
---------------------------	-------------

6. LA TIPOLOGIA DELLA CASA MERCANTILE

6.1. I TIPI EDILIZI. L'EDILIZIA DI BASE	P.71
--	-------------

6.2. TIPOLOGIA EDILIZIA DI PORTA MILANO: LA CASA MERCANTILE	P.75
--	-------------

PARTE SECONDA: ANALISI DI PROGETTO

7. L'ACQUA

7.1. PREFERENZA SULL'ACQUA	P.83
-----------------------------------	-------------

7.1.1. UTILIZZO DELL'ACQUA	P.85
-----------------------------------	-------------

7.1.2. ACCORGIMENTI	P.86
----------------------------	-------------

7.1.3. NORMATIVE	P.88
-------------------------	-------------

7.1.4. PROGETTO	P.90
------------------------	-------------

7.2. RACCOLTA ACQUE METEORICHE	P.95
---------------------------------------	-------------

7.2.1. VANTAGGI	P.95
------------------------	-------------

7.2.2. REIMPIEGO DELL'ACQUA RACCOLTA	P.96
---	-------------

7.2.3. DATI NECESSARI PER IL DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO	P.97
--	-------------

7.2.4. L'IMPIANTO	P.100
--------------------------	--------------

7.2.5. MANUTENZIONE	P.106
----------------------------	--------------

7.2.6. PROGETTO	
------------------------	--

7.2.6.1. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DI VERCELLI	P.107
---	--------------

7.2.6.2. IL NOSTRO IMPIANTO	P.110
------------------------------------	--------------

7.2.6.3.	DIMENSIONAMENTO IMPIANTO EDIFICIO <i>GREEN BUILDING</i>	P.112
7.2.6.4.	DIMENSIONAMENTO IMPIANTO EDIFICIO <i>BLUE BUILDING</i>	P.113
7.3.	FITODEPURAZIONE	P.116
7.3.1.	LE ORIGINI DELLA FITODEPURAZIONE	P.117
7.3.2.	VANTAGGI DELLA FITODEPURAZIONE	P.119
7.3.3.	RIUSO DELL'ACQUA TRATTATA	P.120
7.3.4.	ORGANISMI PRESENTI NEL SISTEMA DI FITODEPURAZIONE	P.120
7.3.4.1.	FAUNA ACQUATICA	P.121
7.3.4.2.	VEGETAZIONE ACQUATICA	P.123
7.3.5.	TECNICHE DI FITODEPURAZIONE	P.130
7.3.5.1.	SISTEMI A FLUSSO SUPERFICIALE (FWS)	P.131
7.3.5.2.	SISTEMI A FLUSSO SOMMERSO ORIZZONTALE (SFS-h o HF)	P.132
7.3.5.3.	SISTEMI A FLUSSO SOMMERSO VERTICALE (SFS-v o VF)	P.134
7.3.5.4.	SISTEMI COMBINATI	P.135
7.3.6.	CRITERI DI PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO	P.136
7.3.6.1.	CARICO ORGANICO ED INQUINANTI	P.136
7.3.6.2.	SCELTA DEL SITO E IMPATTO AMBIENTALE	P.137
7.3.6.3.	PRINCIPALI CRITERI DI PROGETTO	P.137
7.3.7.	COMPONENTI DI UN SISTEMA DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO SOMMERSO ORIZZONTALE	P.139
7.3.7.1.	TRATTAMENTI PRIMARI	P.139
7.3.7.2.	VASCHE FITOASSORBENTI	P.140
7.3.7.3.	LAGHETTO DI RIOSSIGENAZIONE E DISINFEZIONE BIOLOGICA	P.141
7.3.7.4.	FILTRO FINALE	P.141
7.3.7.5.	POZZETTO DI CONTROLLO	P.141
7.3.7.6.	POZZO PERDENTE	P.142
7.3.8.	COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO	P.142
7.3.8.1.	IMPIANTI A FLUSSO SUB-SUPERFICIALE ORIZZONTALE	P.142
7.3.9.	GESTIONE E MANUTENZIONE	P.143
7.3.10.	PROGETTO	P.144
7.3.10.1.	DIMENSIONAMENTO IMPIANTO EDIFICIO <i>GREEN BUILDING</i>	P.146

8.L'ENERGIA ALTERNATIVA

8.1. INTRODUZIONE	P.148
8.1.1. LE NORMATIVE A LIVELLO EUROPEO	P.149
8.1.2. LE NORMATIVE A LIVELLO NAZIONALE	P.149
8.2. ENERGIA GEOTERMICA	P.152
8.2.1. NASCITA DELLA GEOTERMIA IN ITALIA	P.153
8.2.2. LA GEOTERMIA IN ITALIA E NEL MONDO	P.155
8.2.2.1 LA SITUAZIONE IN ITALIA	P.156
8.2.3. VANTAGGI DEL GEOTERMICO	P.157
8.2.4. DATI TECNICI	P.158
8.2.4.1 CARATTERISTICHE DEL TERRENO	P.159
8.2.4.2 LO SCAMBIO TERMICO CON IL SOTTOSUOLO	P.159
8.2.4.3 ALTA E BASSA ENTALPIA	P.160
8.2.5. L'IMPIANTO GEOTERMICO	P.163
8.2.5.1 LA PERFORAZIONE	P.163
8.2.5.2 SONDE GEOTERMICHE VERTICALI	P.164
8.2.5.3 SONDE GEOTERMICHE ORIZZONTALI	P.169
8.2.5.4 LA POMPA DI CALORE	P.170
8.2.5.5 I TERMINALI DI RAFFRESCAMENTO E RISCALDAMENTO	P.173
8.2.6. PROGETTO	P.176
8.2.6.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E IDROGRAFICHE DELL'AREA DI PROGETTO	P.176
8.2.6.2 DIMENSIONAMENTO SONDE VERTICALI	P.179
8.2.6.3 POMPA DI CALORE	P.179
8.2.6.4 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE	P.180
8.3. FOTOVOLTAICO	P.181
8.3.1 STORIA DEL FOTOVOLTAICO	P.181
8.3.2 IL FOTOVOLTAICO AI GIORNI NOSTRI	P.185
8.3.3 VANTAGGI	P.189
8.3.4 DATI	P.190

8.3.5 L'IMPIANTO	P.191
8.3.5.1 MODULI FOTOVOLTAICI	P.192
8.3.5.2 INVERTER	P.194
8.3.5.3 REGOLATORE DI CARICA	P.196
8.3.5.4 BATTERIE	P.196
8.3.5.5 VARI TIPI DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI	P.198
8.3.6 PROGETTO	P.199

9. RELAZIONE AMBIENTALE

9.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED AMBIENTALE	P.200
9.2. ANALISI DELLO STATO DI FATTO DEL TORRENTE CERVETTO	P.203
9.2.1. CENNI STORICI	P.203
9.2.2. IL TORRENTE CERVETTO NEL CONTESTO URBANO	P.204
9.2.3. L'AREA DI INTERVENTO: L'ASSETTO NATURALISTICO – VEGETAZIONALE	P.205
9.3. PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE	P.209
9.3.1. OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	P.209
9.3.2. INTERVENTI NATURALISTICI	P.211
9.3.3. OPERE DI ARREDO URBANO	P.217

10. IL PROGETTO

10.1. RELAZIONE DI PROGETTO	P.219
10.2. CALCOLO STRUTTURALE EDIFICI	P.229
10.2.1. <i>BLUE BUILDING</i> . DIMENSIONAMENTO TRAVE IN SOLAIO INTERMEDIO	P.229
10.2.2. <i>GREEN BUILDING</i> . DIMENSIONAMENTO TRAVE TETTO GIARDINO	P.231
10.2.3. <i>BLUE BUILDING</i> . DIMENSIONAMENTO TRAVE ULTIMO PIANO (SESTO)	P.234
10.3. CALCOLO RAPPORTI AEROILLUMINANTI (R.A.I)	P.240

10.3.1. CALCOLO EDIFICIO <i>GREEN BUILDING</i>	P.242
10.3.2. CALCOLO EDIFICIO <i>BLUE BUILDING</i>	P.252
10.4. EFFICIENZA ENERGETICA	P.260
10.4.1. SCHEDA DIMENSIONALE	P.260
10.4.2. COEFFICIENTE DI FORMA	P.261
10.4.3. TABELLA UNI	P.263
10.4.4. CALCOLO TERMICO DEGLI EDIFICI	P.264
10.4.5. CONSUMI ENERGETICI	P.265
10.5. SCHEDE MATERIALI DI PROGETTO	P.268
BIBLIOGRAFIA	P.290

INDICE DELLE IMMAGINI

F.1 _ Vercelli romana e longobarda	P.5
F.2 _ Pianta della città di Vercelli e delle fortificazioni anno 16(65)-(75). Muro longobardo e castrum romano	P.6
F.3 _ Ipotesi città muraria longobarda comprendente la città romana secondo G. Chicco e G. Faccio	P.7
F.4 _ Schema del tracciato delle mura comunali nel secolo XIII e delle successive fortificazioni secondo G. Chicco e G. Faccio	P.9
F.5 _ Vercelli del “Theatrum Sabaudiae”, 1680	P.12
F.6 _ 27 aprile 1789. Piano della città di Vercelli. Arch. Giovanni Matteo Zucchi; inchiostro con traccia di matita	P.13
F.7 _ Vercelli nel 1704	P.15
F.8 _ Plan Gèométrique de la ville de Verceil [...]. S. a.; inchiostro con traccia di matita	P.16
F.9 _ Vercelli nel 1890	P.19
F.10 _ Piano regolatore Albertini (1939)	P.20
F.11 _ Vercelli piano regolatore 1973	P.22

F.12 _ Il centro storico di Vercelli	P.28
F.13 _ L'antica Porta di Milano (secolo XVII)	P.29
F.14 _ Porta Milano. L'officina del gas e l'edificio del dazio	P.32
F.15 _ L'inizio del corso da Porta Milano (con l'ingresso della vecchia caserma)	P.33
F.16 _ Dazio di Porta Milano con la nuova caserma	P.34
F.17 _ Piazza dei Tizzoni. Così si chiama fin dal XIII secolo. Si può ammirare la bellissima torre della famiglia Tizzoni	P.35
F.18 _ Porta Milano. Caserma Garrone, già Umberto I. il locale del Dazio con il peso pubblico. Sulla stessa piazza nello stesso periodo (1889) fu eretto il monumento del generale Eusebio Bava	P.37
F.19 _ La caserma dei fratelli Garrone, già Umberto I	P.39
F.20 / F.21 _ La casa mercantile nel tessuto di Porta Milano	P.42
F.22 / F.23 _ Caratteristiche del Borgo	P.44
F.24 / F.25 _ Le lavandaie al canale Cervetto	P.48
F.26 _ Il viale Garibaldi prima dell'abbattimento delle vecchie piante. 1946	P.52
F.27 _ Inizio di corso Carlo Alberto (ora corso Libertà) da Porta Torino	P.53
F.28 _ Porta di strada, detta di Torino. 1585-1588	P.55
F.29 _ Corso Italia. Si demolisce il viale dei platani. Sulla destra il castello	P.59
F.30 _ Siesta nei viali fra Porta Milano e corso Palestro	P.60
F.31 _ Il vecchio Tramvai in corso Italia già viale dei platani	P.62
F.32 _ Le vie per Roma nell'Europa del XIII secolo	P.65
F.33 _ Corso Libertà, già corso Carlo Alberto. Esso si chiamò nei secoli in diversi modi: corso di Strada, per circa metà e corso di Borgo per l'altra metà, poi contrada Maestra, in seguito corso di Porta Torino e corso di Porta Milano, nel 1851 corso Carlo Alberto, nel 1946 corso Repubblica e infine corso Libertà	P.68
F.34 _ Corso Libertà. A destra si vede la chiesa di S. Salvatore (1681) e a sinistra la casa Randaccio costruita nel 1851. Randaccio fu un eroe della prima guerra mondiale, medaglia d'oro, amico fraterno di Gabriele d'Annunzio	P.69

F.35 _ C.T.R. 2000 Piemonte. Città di Vercelli. In rosso corso Libertà, in giallo il centro storico; ad est il Sesia e poco più ad ovest il canale Cervetto, che attraversa corso Libertà	P.70
F.36 _ Individuazione di unità edilizie in rapporto ai prospetti. Le case a schiera	P.72
F.37 _ Classici esempi di tipi edilizia in linea ottocenteschi	P.73
F.38 _ Esempio di tipo edilizio a corte (palazzi)	P.74
F.39 _ La trama dell'edificato al primo piano. Isolato nord, quartiere Porta Milano	P.76
F.40 _ Restituzione massima dello stato attuale. Piano terra , piano tipo, prospetto, foto. Esempio di case mercantili su corso Libertà	P.77
F.41 _ Prospetti su corso libertà tipologia casa mercantile. Si può notare la torre dei Tizzoni inserita in facciata. Elemento ricorrente nell'architettura vercellese	P.79
F.42 _ Prospetti su corso libertà tipologia casa mercantile. Si può notare la "portina" nell'ultima parte a destra dell'immagine. Le aperture dei passi carrai e le vetrine	P.79
F.43 _ Prospetti su corso libertà tipologia casa mercantile. Si possono notare le diverse altezze dei lotti di facciate, che generano diverse articolazioni in facciata. La zoccolatura è sempre presente, come anche la corrispondenza delle finestre ai diversi piani	P.80
F.44 _ Diffusori presenti su tutta la rubinetteria	P.91
F.45 _ Limitatori di flusso	P.91
F.46 _ Rubinetteria termostatica	P.92
F.47 _ Sciacquone wc con doppio pulsante di scarico	P.92
F.48 _ Wc ergonomico	P.93
F.49 _ Lavatrice con doppio ingresso d'acqua (potabile e piovana)	P.94
F.50 _ Precipitazioni medie annue della regione Piemonte	P.108
F.51 _ Media dei giorni consecutivi senza pioggia della regione Piemonte	P.109
F.52 _ Schema della raccolta delle acque meteoriche nella nostra area di progetto	P.111
F.53 _ Sezione schematica della raccolta dell'acqua piovana	P.115
F.54 _ Phragmites comunis e australis	P.124
F.55 _ Typha angustifolia e latifolia	P.125

F.56 _ Scirpus lacustris	P.126
F.57 _ Iris pseudoacorus	P.126
F.58_ Lemnacee	P.129
F.59_ Eichhornia crassipes	P.129
F.60_ Schema dell'impianto di firodepurazione	P.145
F.61_ Sezione schematica dell'impianto di firodepurazione	P.145
F.62_ Soffioni di Lardello	P.155
F.63_ I vari gradi di entalpia in Italia	P.161
F.64_ Esempio d'impianto geotermico con sonde verticali	P.164
F.65_ Esempio d'impianto geotermico con sonde orizzontali	P.169
F.66_ Pompa di calore	P.170
F.67_ Schema funzionamento della pompa di calore	P.171
F.68_ Pannelli radianti a pavimento	P.174
F.69_ Stratificazione del terreno della città di Vercelli	P.178
F.70_ Schema impianto fotovoltaico	P.192
F.71_ Ing. A. Tournon, Carta idrografica dell'agro all'ovest della Sesia	P.200
F.72 _ Carta geoidrologica, Piano regolatore generale	P.202
F.73 / 74 _ Foto storiche del Cervetto e delle lavandaie	P.203
F.75 / 76 _ Orti sulla sponda destra del canale Cervetto, all'interno dell'area di progetto	P.206
F.77 / 78 _ Situazione attuale del canale Cervetto, all'interno dell'area di progetto	P.208
F.79 _ Schema della fascinata viva spondale	P.211
F.80 _ Salix rosmarinifolia	P.212
F.81 _ Hedera helix	P.213
F.82 _ Salix babilonia	P.213
F.83 _ Alnus glutinosa	P.214
F.84 _ Schemi dei due diversi tipi di piantumazione	P.215
F.85 _ Typha latifolia	P.216

F.86 _ Juncus effusus	P.216
F.87 _ Sezione dell'intervento previsto per la realizzazione della pista ciclabile	P.218
F.88 _ Gli edifici progettati	P.229
F.89 _ Trave calcolata e area d'influenza	P.230
F.90 _ Schema trave con i carichi distribuiti	P.230
F.91 _ Trave calcolata e area d'influenza	P.232
F.92 _ Trave calcolata (in giallo) ultimo piano in legno e area d'influenza	P.234
F.93 _ Schematizzazione struttura autoportante in legno. In giallo le travi di copertura	P.235
F.94 _ Schema trave con carico distribuito e R dei carichi concentrati	P.237
F.95 _ Schema del Taglio	P.238
F.96 _ Schema del Momento	P.238
F.97 _ Dimensioni delle finestre ai fini del calcolo dei rapporti aeroilluminanti	P.240
F.98 _ Schema di calcolo tipo per R.A.I.	P.241
F.99 _ Schema delle proiezioni ai fini del calcolo dei rapporti illuminanti <i>green building</i>	P.242
F.100 _ Piante <i>green building</i>	P.243
F.101 _ Schema delle proiezioni ai fini del calcolo dei rapporti illuminanti <i>blue building</i>	P.252
F.102 _ Piante <i>blue building</i>	P.253
F.103 _ Schema coefficiente di forma edifici	P.261

INDICE DELLE TABELLE

T.1 _ La tabella indica il coefficiente di deflusso delle varie superfici di raccolta delle acque meteoriche	P.98
T.2 _ Consumi idrici edificio <i>green building</i>	P.112
T.3 _ Quantificazione dei carichi idraulici edificio <i>green building</i>	P.112
T.4 _ Determinazione della quantità annuale di acqua piovana captabile <i>green building</i>	P.113
T.5 _ Dimensione serbatoio <i>green building</i>	P.113
T.6 _ Consumi idrici edificio <i>blue building</i>	P.113
T.7 _ Quantificazione dei carichi idraulici edificio <i>blue building</i>	P.114

T.8 _ Determinazione della quantità annuale di acqua piovana captabile <i>blue building</i>	P.114
T.9 _ Dimensione serbatoio <i>blue building</i>	P.115
T.10 _ Analisi dei consumi	P.146
T.11 _ Tipologie	P.146
T.12 _ Tabella per il dimensionamento di massima delle sonde geotermiche verticali	P.168
T.13 _ Tabella indicante la resa in w/m dei diversi tipi di terreno	P.178
T.14 _ Potenza totale installata nelle varie nazioni	P.186
T.15 _ Principali centrali per la produzione di energia solare in Italia	P.188
T.16 _ Pacchetto solaio tipo <i>Blue building</i>	P.229
T.17 _ Pacchetto solaio tipo <i>Green building</i>	P.231
T.18 _ Pacchetto copertura tipo ultimo piano <i>Blue building</i>	P.235
T.19 _ Pacchetto parete tipo ultimo piano <i>Blue building</i>	P.236
T.20 _ Pacchetto solaio tipo ultimo piano <i>Blue building</i>	P.236
T.21 _ Calcoli rapporti aeroilluminanti <i>green bulding</i>	P.245
T.22 _ Calcoli rapporti aeroilluminanti <i>blue bulding</i>	P.255
T.23 _ Scheda dimensionale	P.260
T.24 _ Scheda coefficiente di forma	P.262
T.25 _ Tabella UNI	P.263
T.26 _ Pacchetti energetici edifici	P.264
T.27 _ Consumo energetico <i>Green building</i>	P.265
T.28 _ Classe energetica <i>Green building</i>	P.266
T.29 _ Consumo energetico <i>Blue building</i>	P.266
T.30 _ Classe energetica <i>Blue building</i>	P.267

Parte PRIMA

ANALISI STORICA

1. QUADRO STORICO DELLA CITTÀ DI VERCELLI

1.1. CENNI DI PREISTORIA

Anzitutto è necessario considerare, come punto di partenza, la speciale condizione della Valle Padana nelle epoche della preistoria. La valle che si ebbe poi il nome del maggior fiume che tutta la percorre nella sua lunghezza dall'ovest all'est, dalle Alpi al mare, nei tempi remotissimi era una vasta insenatura, un'appendice del Mare Adriatico. Nei primi tempi della protostoria poi, quantunque il mare si fosse notevolmente ritratto, questa conca non costituiva ancora un terreno colonizzabile, perché la massa d'acqua di numerose riviere e d'impetuosi torrenti, non ancora costretta né dall'opera della natura né da quella dell'uomo in alvei propri e distinti, precipitava in disordine giù dalle vette, sparpagliandosi per declivi delle Alpi e dell'Appennino, dilagando e impaludando nella bassura.

Non essendo quindi possibile la vita umana, in questa zona, l'uomo non vi aveva ancor posto piede; mentre in altre parti delle isole e della penisola nostra, viveva una gente che da tempo vi era approdata.

Eran queste le primissime genti del "periodo ligure" che, oriunde dell'Africa, della Numidia in ispecie, avevan potuto spingersi a colonizzare le coste della Grecia e della Sicilia; dalla Mauritania passare nella penisola Iberica e di qui, come pure dalle ciste della Sardegna, stendersi nella Provenza e sull'odierna costa ligure.

Per le eccezionali condizioni cui abbiamo accennato, la Valle Padana, [...], fu una delle ultime ad essere abitata.

Trascorsi altri secoli, si era sul finire del neolitico puro quando il progressivo prosciugarsi della valle lasciò, più o meno delineati, laghi e torbiere; ed allora su quelle rive incominciarono ad apparire, sparse qua e là, le prime abitazioni: capanne su palafitte.

In progresso di tempo, quantunque lentamente, le abbondanti acque, meno disordinate inalveate, lasciano, se non costantemente, almeno per più lunghi periodi di tempo, estesi tratti di terreno scoperto: sono le cosiddette "terramare". Tosto questo terreno viene

occupato con una certa densità dai “palafitticoli” scesi dalla zona dei laghi e che assumono perciò il nome di “terramaricoli”.

È questa un'epoca importante per la nostra zona, poiché sorgono su di essa i primi villaggi delle tribù liguri. [...] i fiumi, queste naturali vie acquedotti, resi più navigabili, costituiscono le vie del commercio: con i nuovi contatti con genti più progredite si importa la tecnica; inizia così il periodo eneolitico per questa zona.

[...] Passa qualche secolo ancora, e in un periodo (detto umbro-etrusco) avviene l'immigrazione degli Insubri (umbro-italici). Con questi Tirreni, giunti nella Valle del Po [...] coincide il cosiddetto “sinecismo”, la riunione cioè degli sparsi villaggi collegati per lo più dalle vie fluviali con una zona di terreno o più elevata e più centrale. È la cosiddetta “civiltà di Villanova”. Avviene così il connubio fra Liguri ed Umbri.

E si giunge così alla fine del secolo millennio ed al principio del primo a.C. Corre ancora qualche secolo; e la razza più progredita, il popolo etrusco, apparso sulle coste tirrene già fin dal nono – ottavo secolo, viene ad occupare ed ingentilire, colla finezza dell'arte, anche il Vercellese.

Concludendo la preistoria vercellese si può approssimativamente segnare fra questi limiti: del periodo “paleolitico”, del Ligure cavernicolo, troglodita (3000-1400 a.C.), niente per la nostra zona; niente pure del Ligure palafitticolo lacustre (1400-1200 a.C.); comparsa del “Ligure del piano”, “terramaricolo”, alla fine del neolitico puro e nel periodo dell'eneolitico (1200-1000 a.C.); periodo Insubre – Etrusco (1000-700 a.C.).

E veniamo alla protostoria, che riassumo perché ormai notissima. La cacciata degli Etruschi da queste plaghe avvenne per opera delle genti che in loro lingua si dicevano Celti e dai Romani furono detti Galli. Con essi si accettano le date storiche anche per la città di Vercelli, anzi, la prima data storica della sua esistenza come città.

L'epoca dunque della fondazione della città di Vercelli sarebbe verso l'anno 153 di Roma, 600 anni circa avanti l'Era Volgare circa; anche perché secondo Varrone l'anno della nascita di Cristo si deve fissare al 753 e non al 749 di Roma.

I Galli qui giunti, [...] organizzarono meglio l'opera di difesa e di fortificazione del luogo centrale riducendolo, starei per dire, a guisa dei “castelli istriani”, non però con cintura di macigni, ma con fosse profonde e doppie palificate intasate queste con ciottoli del fiume ed argilla compressa.

E nel caso nostro la città era costituita dai vari villaggi che circondavano l'*arx*, la rocca. Onde pare potersi così spiegare il plurale del nome dato alla città: *Vercellae*.¹

1.2. PRIME MURA ROMANE

Vercelli, data la sua posizione nel piano, attraversato dalle principali strade che la mettevano in comunicazione colle altre città d'Italia e più specialmente con quelle straniere d'oltremonti, poteva servire da campo strategico contro l'invasione dei barbari; le sue fortificazioni alla foggia dei Galli già le avevano permesso di resistere a lungo agli assalti nemici; onde fu prima cura dei Romani di cingerla di una difesa di mura; e ciò avvenne probabilmente tra il 665 ed il 705 di Roma, vale a dire, tra l'anno in cui, come tutte le città della Transpadana, ebbe da Roma l'*jus Latii* (cioè la cittadinanza latina, cittadinanza di rodine inferiore) e l'anno in cui le fu accordata la tanto desiderata cittadinanza romana.

Da notarsi però che non tutta la città gallica venne circondata da mura, ma solo una parte di essa.

A questo proposito fu notati dagli scrittori di cose nostre che, se l'ambito accertato delle mura romane era assai ristretto, era perché si era fortificato il nucleo principale, il centro della città conquistata, lasciando intorno i sobborghi.

Pare invece che non sia precisamente così. Per Vercelli, il nucleo principale, suppongo fosse da quella zona che, difesa da due lati dal fiume Cervo, era stata ritenuta, dagli antichi Libici e dai Galli, la più sicura; in questo luogo, dopo secoli, fu innalzata la Cattedrale.¹

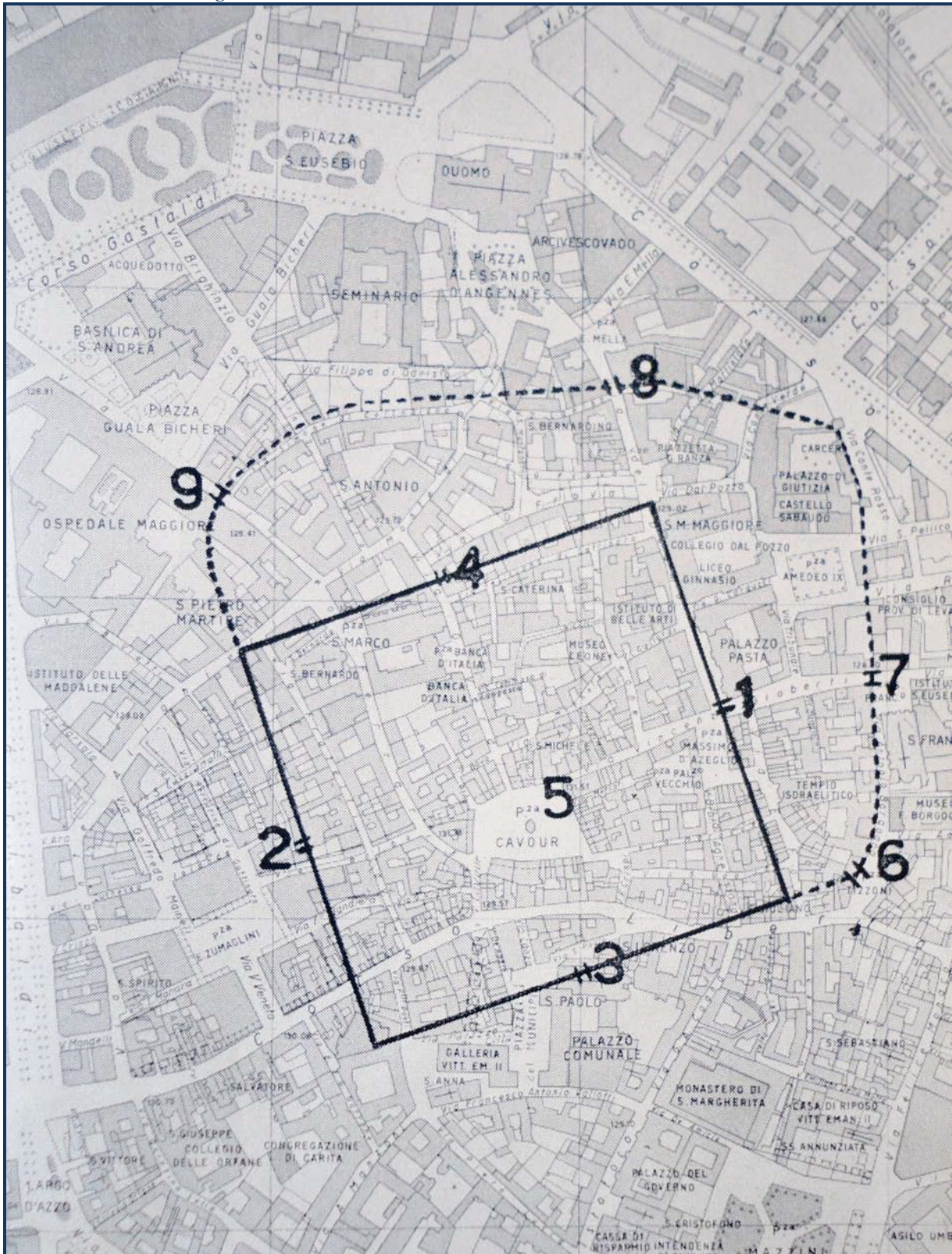
Le città romane circondate da mura avevano, come i castrì, la forma generalmente quadrata od almeno a quadrilatero, come Milano, Aosta, Torino e Pavia e tale presumibilmente dovette essere Vercelli.

Sfortunatamente, da secoli e secoli, non esistono più tracce di queste antichissime mura, se non un tratto, a nord della città.²

¹ Arnoldi D., *Vercelli vecchia e antica*, Gallardi, Vercelli, 1929

² Chicco G., *Le fortificazioni di Vercelli: studio storico con brevi cenni sugli assedi del 1617-1638-1704 e sui Governatori Conte Catalano Alfieri e Claudio Des Hays*, Gallardi, Vercelli, 1941

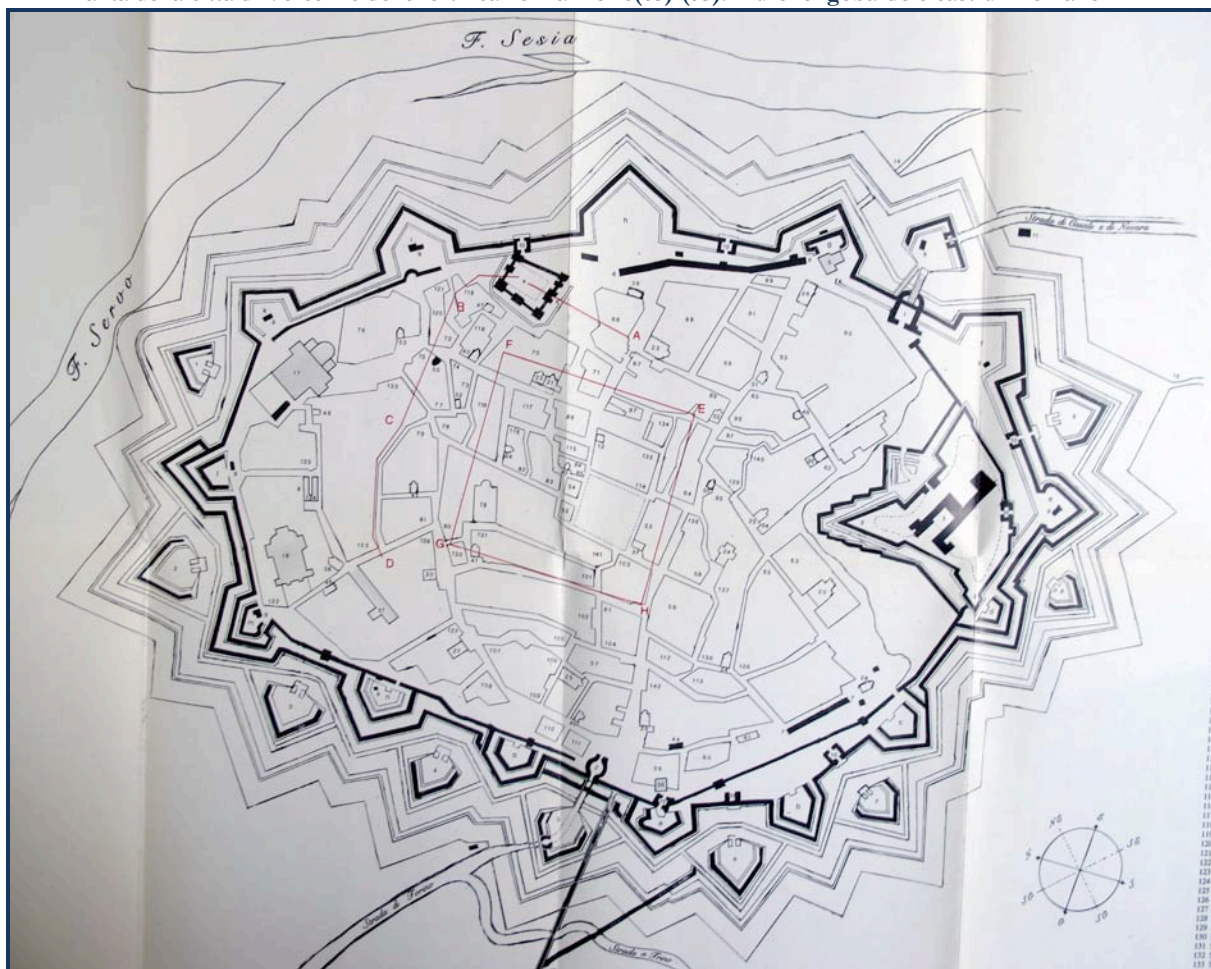
F. 1 Vercelli romana e longobarda



— Perimetro del Castrum romano.
 - - - - - Ampliamento longobardo.

1- Porta Principalis dextra. 2- Porta Principalis sinistra. 3- Porta decumana (detta Pusterna). 4- Porta Pretoria (detta S. Agata). 5- Foro. 6- Porta Ursona. 7- Porta Gribalda (detta S. Salvatore). 8- Porta Aralda. 9- Porta Seroto. 3/4- Cardio. 1/2- Via Principalis o Decumana.

F. 2 Pianta della città di Vercelli e delle fortificazioni anno 16(65)-(75). Muro longobardo e castrum romano



Dette fortificazioni fatte costruire da Carlo Emanuele II furono atterrate e distrutte dopo l'assedio dei Gallo – Ispani dell'anno 1704 dell'era volgare.

La struttura urbana, impostata sulla impiantistica classica, era strettamente relazionata alla fitta trama regionale che scandiva il territorio di questa parte della Padania e che faceva di Vercelli uno dei capisaldi della centuriazione romana.

In epoca romana Vercelli si configura come frequentata città di transito, sosta e commerci. Vi si congiungevano infatti le vie imperiali che provenendo una da Roma attraverso Piacenza e l'altra da Milano, portavano, attraverso tutto l'*ager vercellensis*, Ivrea e la Valle d'Aosta, ai valichi dell'*Alpis Poenia* e dell'*Alpis Graia*.

Da Vercelli partiva inoltre una strada diretta a Sud verso Trino (Rigomagus) e Asti; a Trino questa strada ne incrociava un'altra che, provenendo da Cozzo (Cuttaie) e proseguendo sulla sinistra del Po per Cestae, andava a Torino.

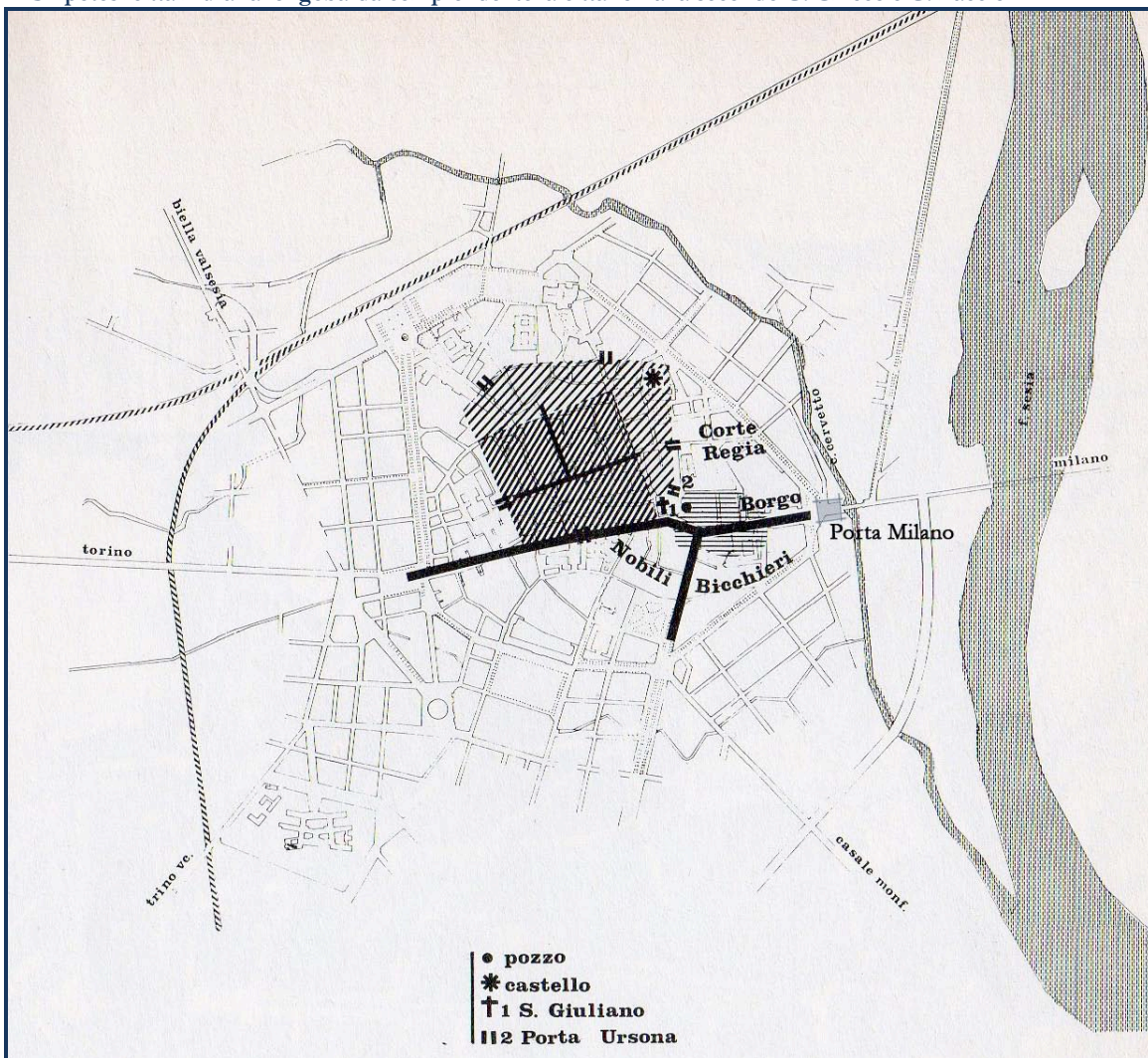
Per quanto riguarda il settore è da rilevare come, secondo il Bruzza, una delle principali vie romane, iniziasse a Porta Milano davanti alla caserma e proseguisse approssimativamente lungo tutto l'attuale corso Libertà fino al capo opposto della città.

Da tale percorso, all'altezza dell'incrocio con via F.Monaco, si dipartiva una strada verso Sud (dove probabilmente sorgevano l'anfiteatro ed il teatro), ed in genere verso la zona meridionale della città attuale a cui faceva capo la strada che da Piacenza, attraverso Vercelli, portava in Val d'Aosta.

Tali vie di transito, oltre che apportatrici di commerci, si configuravano quali canali di convogliamento di stranieri e viaggiatori e diventarono quindi, fin dall'epoca romana, polo di attrazione di un tipo di edilizia mercantile ed "alberghiera" da mettersi in relazione al loro carattere di collettori di traffici a scala nazionale.³

1.3 DAI LONGOBARDI AD OGGI

F. 3 Ipotesi città muraria longobarda comprendente la città romana secondo G. Chicco e G. Faccio



³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

Tale posizione di fulcro tese a rafforzarsi in epoca imperiale e raggiunse il suo apice nel III secolo d.C. per decadere successivamente in seguito alle invasioni barbariche culminate con l'occupazione longobarda del 569 d.C.

Durante tale occupazione, l'area urbana vercellese venne notevolmente ampliata con la realizzazione di una nuova cinta muraria che includeva all'interno vaste aree ad est ed a nord della città in cui poté svilupparsi la nuova edificazione.

Il tracciato delle mura longobarde è molto discusso: infatti, se per alcuni studiosi pare coincidere con un tracciato tardo romano, per altri risulta notevolmente più ampio di questo nella parte nord-orientale della città.

[...] a sud l'espansione urbana era bloccata dalla vasta proprietà dei nobili Bicchieri disposta a meridione della Porta Ursona e, in epoca comunale, della Porta del Cervo, principali porte del settore orientale della città.

In tale epoca le mura correvano lungo l'attuale via Borgogna fino a raggiungere la chiesa di San Giuliano, che ne risultava addossata, ma fuori dal recinto.

A differenza di altre porte che si aprivano in corrispondenza di percorsi extra muros, la Porta Ursona, aperta su di una radiale di comunicazione a grande scala, si configurerà come fattore urbano di permanenza primaria.

Dalla Porta Ursona il recinto delle mura, seguendo il tracciato romano, piegava lungo il tratto interno del corso, parallelamente all'esistente fossato.

Tale fossato si configurava come condotta d'acqua artificiale creata nel 1191 in seguito alle insistenze dei cittadini delle parrocchie nella cui giurisdizione era incluso il corso.

Il canale staccandosi dal rivo della Vercellina presso l'ospedale, nel settore occidentale della città, correva lungo le mura all'interno verso Porta di strada e percorreva tutto il corso da Porta Torino a Porta Milano, con un'ampiezza tale da consentire il trasporto di fieni e paglie oltre che la pulizia delle attrezzature su di esso affacciatisi.

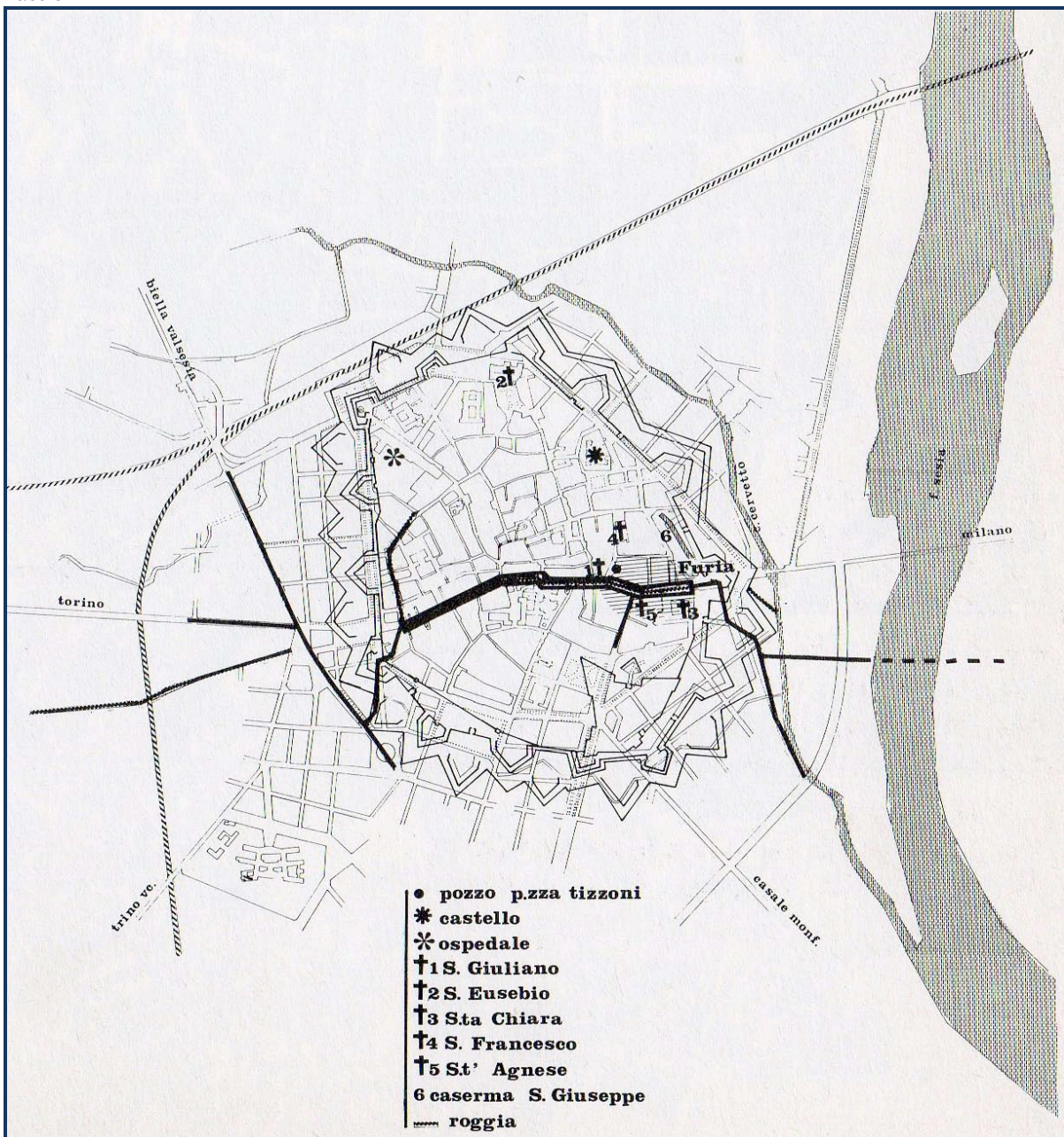
La lunga serie di devastazioni ed occupazioni che seguirono alla dominazione longobarda portarono ad una stasi della vitalità economica generale ed al conseguente progressivo decadimento della città.

Tale processo fu accompagnato da una notevole contrazione quantitativa della popolazione residente nella città per effetto delle numerose carestie ed epidemie, che si arrestò solamente quando, in seguito alla vittoria del vescovo Leone su Arduino, si profilò

un periodo di relativa tregua legato al ruolo egemone giocato dal vescovo-conte di Vercelli nei riguardi del contado.

Nell'XI e XII secolo per effetto dell'inurbamento di vaste masse, dovuto in parte anche alla maggior sicurezza rappresentata dalla città murata rispetto all'intorno rurale, si determinò un'ulteriore espansione dell'edificato che se da un lato portò all'erezione di una nuova cinta muraria, dall'altro favorì il consolidamento di nuclei abitativi *extra muros* autonomi, spesso fortificati.

F. 4 Schema del tracciato delle mura comunali nel secolo XIII e delle successive fortificazioni secondo G. Chicco e G. Faccio



In seguito alle lotte fra il papato e l'impero, Vercelli, passata nel frattempo sotto il ducato di Milano, tese ad acquisire una sempre maggiore rilevanza strategica quale caposaldo militare verso il Piemonte ed i possedimenti imperiali presso il Po. Tale specifica vocazione strategica rese necessaria l'edificazione di una "cittadella" sul sedime del quartiere sud orientale della città in prossimità del guado sul Sesia e dell'accesso in città delle vie provenienti dalla riviera e da Torino.³

La cittadella di Vercelli fu costruita per ordine del "Magnifico ed Eccelso Galeazzo Visconti, Signore di Milano e di Vercelli, Imperiale Vicario Generale" allo scopo di rafforzare la cerchia fortificata eretta, a difesa della città, nei secoli XII e XIII, dal Comune stesso. Essa sorse a sud della città, dove erano la chiesa ed il convento di S.Stefano, che la tradizione vuole fossero stati fondati da San Mauro [...] naturalmente fu raccordata alla cerchia murata esistente.⁴

Il ruolo esclusivamente militare della città si protrasse anche in seguito al passaggio dei Savoia, avvenuto nel 1417, ed alla successiva dominazione spagnola iniziata nel XV secolo. In tale periodo miravano puramente al rafforzamento della piazzaforte ed all'incremento delle possibilità ricettive delle guarnigioni, senza alcun interesse rivolto alle altre potenzialità funzionali della città.

Mentre infatti la campagna intorno vedeva il fiorire di numerosi interventi di bonifica ed irrigazione legati anche all'impianto della produzione risicola, la città risentiva degli effetti negativi delle numerose cinte fortificate e della polarizzazione univoca a livello funzionale quale roccaforte burocratico - strategica.

Nel periodo dal XIV al XVI secolo, la città rimase racchiusa nel perimetro delle precedenti mura, senza subire particolari interventi che ne modificassero la struttura.

[...] nel 1542 si edificò il bastione della Porta del Cervo e si munì la porta di un castello da cui si usciva per arrivare al fiume che veniva superato con traghetti.

Nel 1605 il Cervo, che precedentemente correva lungo le mura, fu deviato su progetto di Ascanio Vitozzi e ne rimase il letto come fossato lungo il bastione.³

⁴ Chicco G., *Le fortificazioni di Vercelli: studio storico con brevi cenni sugli assedi del 1617-1638-1704 e sui Governatori Conte Catalano Alfieri e Claudio Des Hays*, Gallardi, Vercelli, 1941

³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

Vercelli cominciò a subire grosse modifiche del suo assetto urbano a partire dal secolo XVI. A partire dal 1560, con il Duca Emanuele Filiberto prima e il duca Carlo Emanuele I, poi furono erette massicce fortificazioni.⁵

Il borgo era quindi la parte più commerciale della città, basti ricordare la presenza della “salera”, l'albergo della Posta vecchia, sosta delle diligence da e per Milano, l'albergo dell'Angelo, della Corona grossa e le numerose osterie.

D'altro canto la presenza del mercato di frutta e verdura in piazza Tizzoni, di numerose officine di maniscalchi e fucine rumorose e della condotta d'acqua sul corso allontanava la residenza di tipo più elevato.

[...] dalla pianta del *Theatrum Sabaudie* è evidente come, nel 1680, il settore si presenti tutto urbanizzato, in particolare sul corso detto “corso del borgo”.

Mancano, dato il suddetto carattere commerciale, presenze monumentali.³

⁵ Cassetti M., *Aspetti urbanistici della città di Vercelli nei secoli XVIII e XIX*, Archivio di stato: Gallo, Vercelli, 1990

³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

F. 5 Vercelli del "Theatrum Sabaudiae", 1680

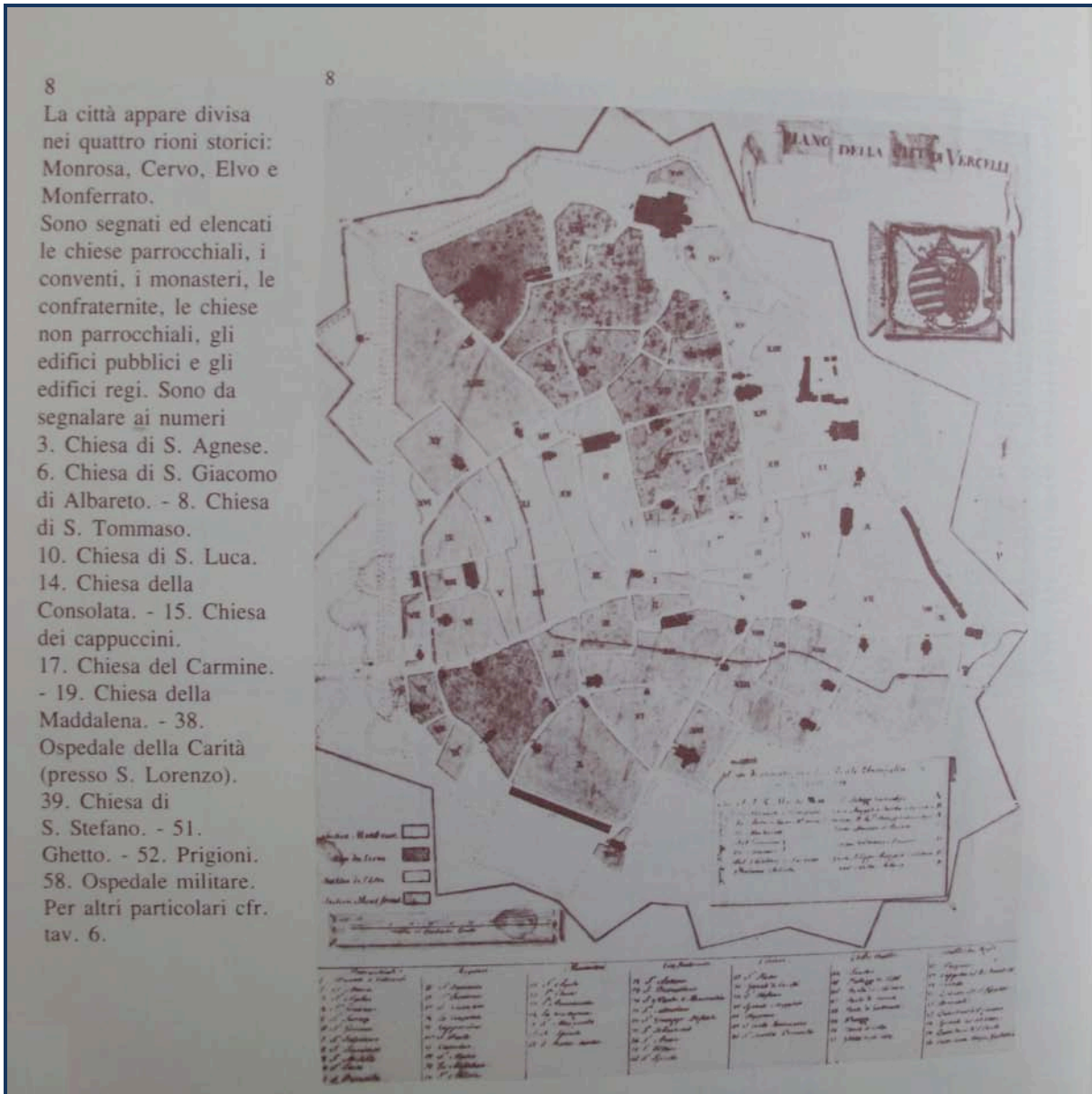


Durante la guerra di secessione spagnola (nel 1704), in seguito all'occupazione di Vercelli da parte delle truppe francesi, fu iniziata la demolizione delle fortificazioni.

Nel 1760 l'architetto Benedetto Alfieri progettò la sistemazione di viali nei siti già occupati dalle mura.

Fino al secolo scorso fu uso suddividere il centro storico cittadino in quattro rioni con punto di congiunzione nell'attuale piazza Cavour: Elvo, Cervo, Monrosa e Monferrato.⁵

F. 6 1789. Piano della città di Vercelli



Tale situazione permase per tutto il XVI, XVII e XVIII secolo e portò alla progressiva diminuzione di vitalità economica e conseguentemente demografica ed edilizia nella città.³

Emanuele Filiberto e Carlo Emanuele I rinforzarono la vecchia cinta delle mura aggiungendovi, alcuni di quei bastioni che l'architettura militare italiana aveva inventato appunto tra la fine del 1500 e il principio del 1600.

[...] in quell'anno 1586 iniziò la costruzione del roggione di Vercelli per dare acqua ai fossi della difesa esterna e per la pulizia interna. Il nuovo canale staccandosi dall'Elvo e

³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

dal Cervo presso Quinto raggiungeva, e raggiunge, lo stradone di Torino e, costeggiando a sud esso, attraversava, e attraversa, l'odierna piazza Torino.

Ma nel corso del secolo XVII, in seguito alla aumentata potenza delle armi da fuoco, l'arte delle fortificazioni aveva subito una profonda trasformazione. Quando, col trattato dei Pirenei, nel 1659 Carlo Emanuele II riebbe Vercelli, che per ventun anni era stata occupata dagli Spagnoli, diede subito opera a farne modificare le fortificazioni. [...] I lavori durarono una decina di anni, fino al 1670, e fecero di Vercelli la più munita piazza forte del Ducato. L'antica cerchia comunale fu mantenuta quasi dappertutto: ma, abbattute le torri, le mura furono abbassate: [...] tredici robusti bastioni all'italiana sporsero verso l'esterno.

[...] Delle nuove porte delle antiche mura molte erano già state chiuse: ora vennero tutte annullate eccetto due: la porta del Servo o di Milano, e la porta di Strada o di Torino.

Scoppiata la guerra per la successione di Spagna, i francesi, comandati dal maresciallo Vendôme, assediaron nel 1704 Vercelli: e, presa la città, ordinarono la distruzione delle fortificazioni. Abbattuti i muraglioni, spianati a poco a poco i terrapieni, colmati i fossati, la cinta delle mura si trasformò, nel corso del secolo XVIII, nell'odierno giro dei viali. Il Conte Benedetto Alfieri nel 1760 costruendo l'atrio del Duomo progettava la sistemazione della piazza del Duomo e dei viali e giardini tra la piazza stessa e porta Torino. A lui si deve la prima idea del grandioso viale che i nostri vecchi chiamarono: "allea d'inverno", il viale Garibaldi.

Fuori della porta Torino, sulle rovine del rivellino della porta stessa, [...] venne a formarsi un ampio piazzale, sistemato più tardi a viali per passeggio pubblico.

[...] In questa vasta piazza, coperto il "roggione di Vercelli" che la attraversava, ebbero sede, per quasi tutto il 1800 i divertimenti popolari, in occasione delle fiere e delle feste padronali.¹

Fu solo la dominazione francese che, facendo di Vercelli il capoluogo del dipartimento della Sesia ed incentivando la produzione agricola del territorio all'intorno, determinò una notevole e generalizzata espansione economica. Si assistette inoltre ad una forte espansione edilizia urbana che inizialmente qualificò come organizzazione e riordino del

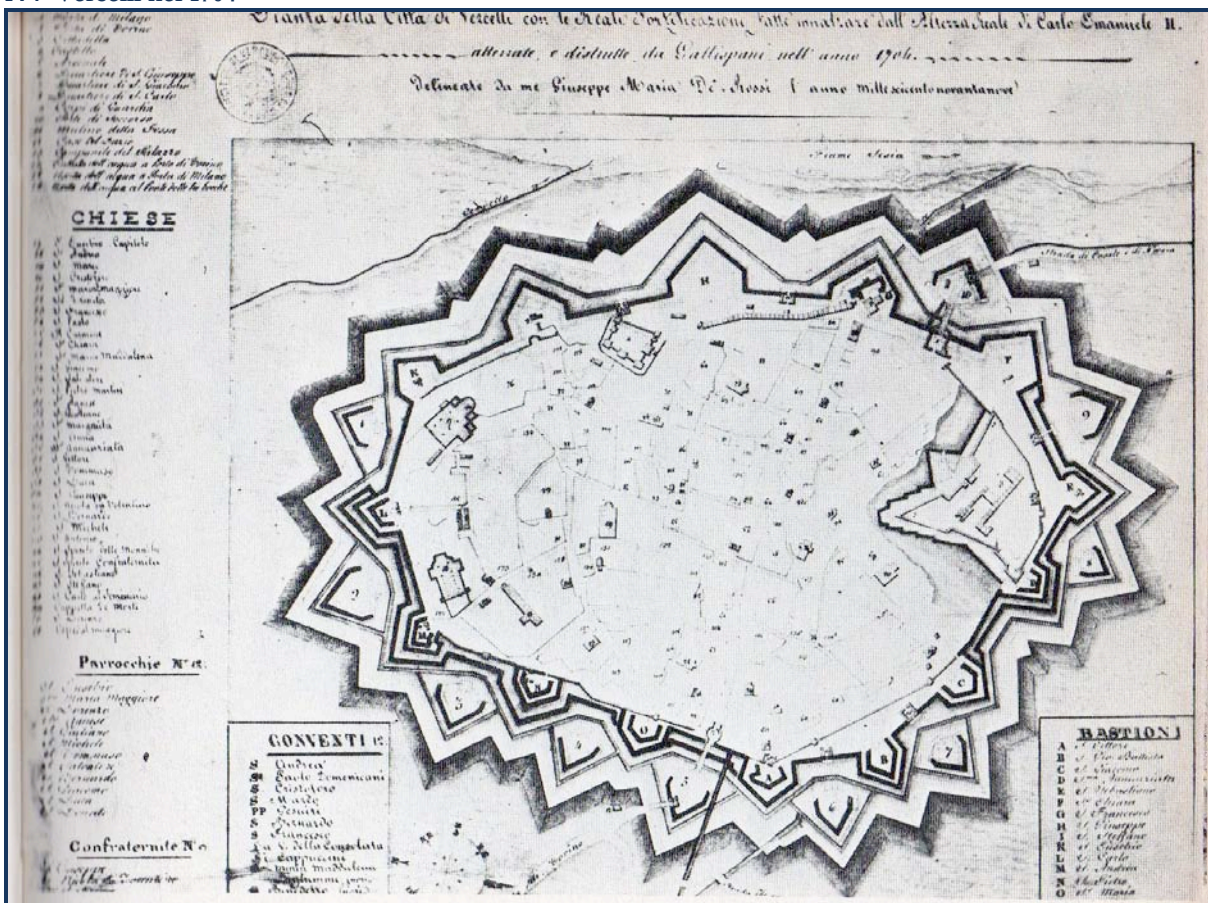
¹ Arnoldi D., *Vercelli vecchia e antica*, Gallardi, Vercelli, 1929

patrimonio edilizio esistente che i secoli di recessione produttiva e di stallo economico avevano reso estremamente compromesso e fatiscente.

Alla fine del Seicento Vercelli fu divisa in 88 cantoni o isole con nomi di santi, cantoni che permasero fino al 1802, anno in cui la città fu scomposta in quattro sezioni con un totale di 68 cantoni.

Nel 1704, con la demolizione operata dal Vendome del complesso delle mura, venne abbattuta anche Porta Milano, elementi della quale furono più tardi riutilizzati per l'atrio del duomo.

F. 7 Vercelli nel 1704



[...] Nell'ormai consolidata struttura urbana si evidenziarono gli elementi che caratterizzarono il borgo: da un lato il tessuto viario legato a precise presenze irrigue (le rogge), dall'altro le strutture pubbliche e militari.

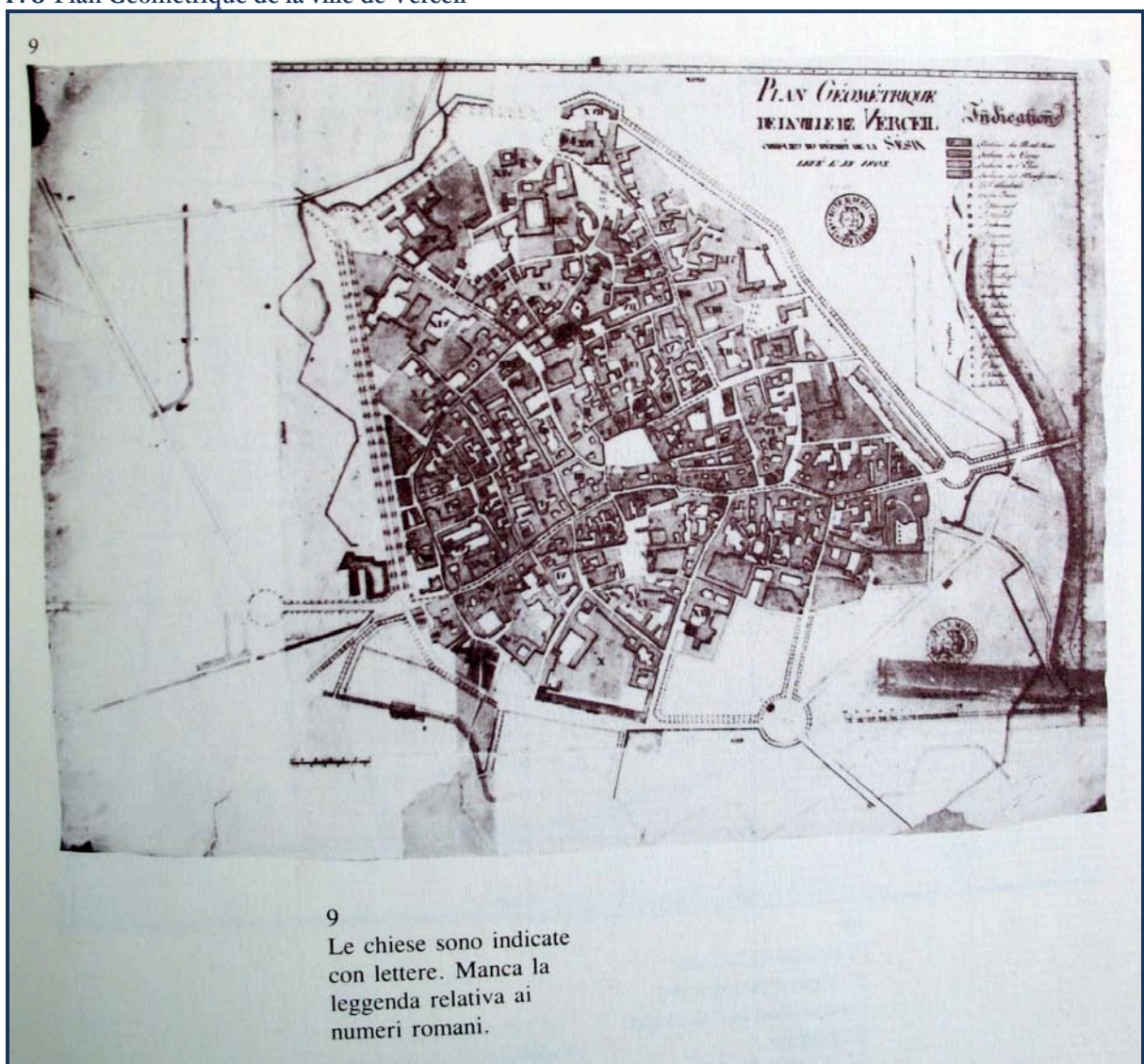
[...]si evidenzia la struttura del tessuto edilizio ed il rapporto fra i pieni ed i vuoti. Risulta notevole la diversità del peso della edificazione fra il corso e via Bodo in cui l'espansione è

bloccata dalla struttura della proprietà sulle aree contigue a San Francesco e dal carattere di tale asse quale strada secondaria di arroccamento.

Il tessuto è ormai consolidato e risulta simile a quanto è pervenuto fino ad oggi.

Nel 1800 nuove istanze di carattere igienico e di decoro, accompagnate da specifiche normative in materia (istituzione della commissione d'ornato) come pure l'introduzione di nuovi tipi di industrie ed il mutamento nell'organizzazione di quelle esistenti, provocarono una numerosa serie di interventi.

F. 8 Plan Gèométrique de la ville de Verceil



Parallelamente, i mutamenti della base economica portarono, inevitabilmente, ad una redistribuzione del reddito che generò una diffusa valorizzazione della proprietà immobiliare ed una improvvisa domanda di aree fabbricabili.

Durante il governo napoleonico il Sesia divenne nuovamente confine di stato fra l'impero francese, di cui faceva parte il Piemonte, ed il regno d'Italia. Per tale motivo, con la soppressione napoleonica degli ordini religiosi, il convento di Santa Chiara divenne la nuova dogana.

La strada per Milano continuò ad uscire seguendo il vecchio percorso fino a quando nel 1806-07 venne prolungato per un tratto il corso verso Milano e fu demolito l'antico castello della Porta del Cervo detto "antico arsenale", con la conseguente formazione di un rondeau.

Il periodo dal 1810 al 1833 fu caratterizzato in Vercelli da una fortissima attività edilizia, a tal punto sregolata e selvaggia che nel 1833 Carlo Alberto, con lettere patenti del 13 agosto, approvò il regolamento e la nomina della commissione di ornato, volta a regolare tale attività.

Uno dei primi interventi fu la rettifica della strada maestra, poi via Carlo Alberto, oggi corso Libertà, effettuata nel 1851.

Numerosi altri sventramenti furono volti ad eliminare anditi, voltoni ed altri passaggi obbligati, spesso luoghi di rapine e violenze.

L'espansione urbana verso l'esterno è riconoscibile attraverso i tracciati dei nuovi assetti viari, già nel 1805. Vi si riscontrano infatti i prodromi del meccanismo di urbanizzazione che procederà per radiali e successivamente per tangenziali, dilatando a macchia d'olio l'organismo urbano.

La sostituzione dei bastioni con la cinta dei viali determinerà una cesura fra le parti di edificato e, nello stesso tempo, attribuendo ruoli diversi ai diversi tronchi di tale anello, gerarchizzerà i vari settori urbani, privilegiando la parte occidentale della città rispetto a quella orientale.

Nel 1855 l'inaugurazione della ferrovia Vercelli-Novara portò un colpo di grazia alla floridezza commerciale del borgo, determinando la chiusura di molti fondachi e botteghe. Tale fatto fu successivamente accentuato dal disarmo della vicina caserma.

Parallelamente si verificò una continua decadenza del patrimonio edilizio [...].

[...] Porta Milano diventò lentamente una zona degradata in cui vennero a collocarsi le attività meno gradite come, ad esempio, le fabbriche delle tome (combustibili fatti con la feccia delle concerie).

Lo spopolamento dei ceti più abbienti fu inoltre incentivato dalla presenza nei pressi della officina del gas, che pare procurasse pesanti fenomeni di inquinamento.

Di conseguenza si assistette al graduale disinteresse della grande proprietà per tale parte di città ed al conseguente frazionamento degli edifici in unità minori.

[...] le grandi strade di collegamento a scala territoriale siano divenute assi di espansione della città verso la campagna.

I tracciati viari esterni riconoscibili sul tessuto di tale pianta risultano le prime incisioni sul territorio oggi perfettamente rileggibili nell'attuale assetto viario.

[...] per quanto riguarda il Borgo, alla fine dell'Ottocento si ristrutturarono alcuni edifici nei pressi di Santa Chiara [...]. Nel 1889-90 venne infine realizzata la caserma Umberto I e si attuò la sistemazione del rondeau.

La successiva costruzione di importanti strutture sia a livello di edifici che di infrastrutture (ponte sul Sesia) provocarono nuove e diverse polarizzazioni nelle città. Ad esempio, il mutamento avvenuto nelle forme e vie di trasporto legato alla realizzazione delle linee ferroviarie ingenerò l'accentrarsi degli interessi economico-produttivi nel settore nord-occidentale del tessuto urbano del tempo.

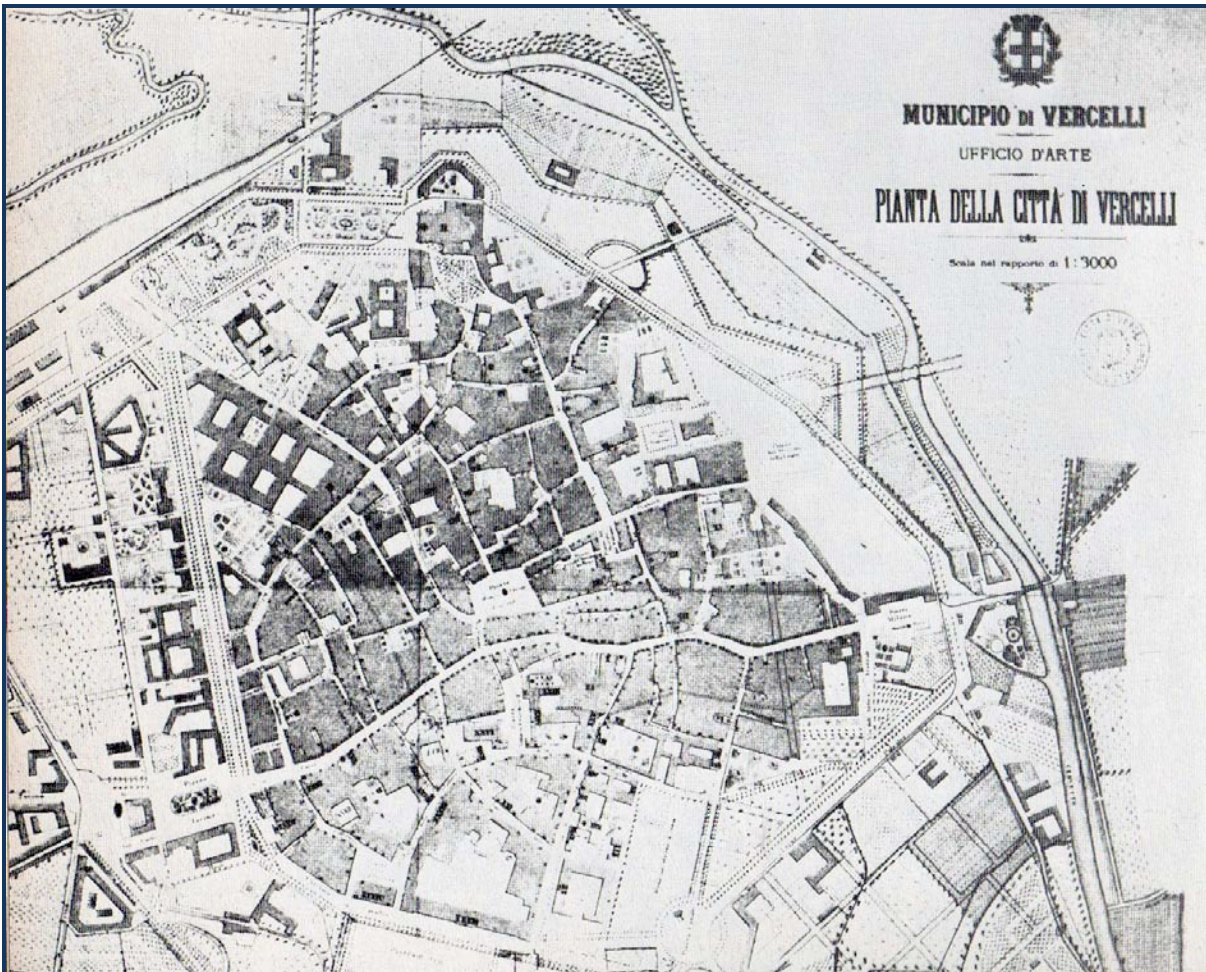
Con la succitata costruzione, avvenuta nella metà dell'Ottocento, della ferrovia Torino - Milano e della successiva linea per Casale - Alessandria, la città risultò totalmente circondata su più lati ad eccezione del settore sud, tanto che per tutto il secolo scorso l'espansione urbana si attuò preferibilmente per interventi di saturazione o completamento delle aree sub centrali.

Per Vercelli il fenomeno dell'espansione oltre le mura, anche se previsto dalla pianistica d'inizio secolo, comincia a manifestarsi in modo quantitativamente rilevante nel periodo fra le due guerre mondiali.

Nell'Ottocento l'espansione urbana dapprima interessa le aree libere entro l'ex cinta muraria, poi quelle oltre le porte cittadine lungo le radiali, per raggiungere nel Novecento

quelle sui viali ricavati dall'abbattimento delle mura e si realizza infine riempiendo le sacche rimaste vuote secondo il cosiddetto andamento a macchia d'olio.

F. 9 Vercelli nel 1890



Fino all'inizio di questo secolo il fatto riguarda però quasi solo le residenze, anticipando quel triste fenomeno che ha avuto la sua massima manifestazione della ricostruzione fino ad oggi, per ragioni di natura diversa, sia nell'edilizia pubblica, sia nell'edilizia privata. Tale fatto ha acuito la subordinazione funzionale della periferia rispetto al centro, a questa si è aggiunta la dipendenza culturale legata all'esaltazione dei valori storici ed ambientali del centro antico, a cui la periferia risultava totalmente estranea.

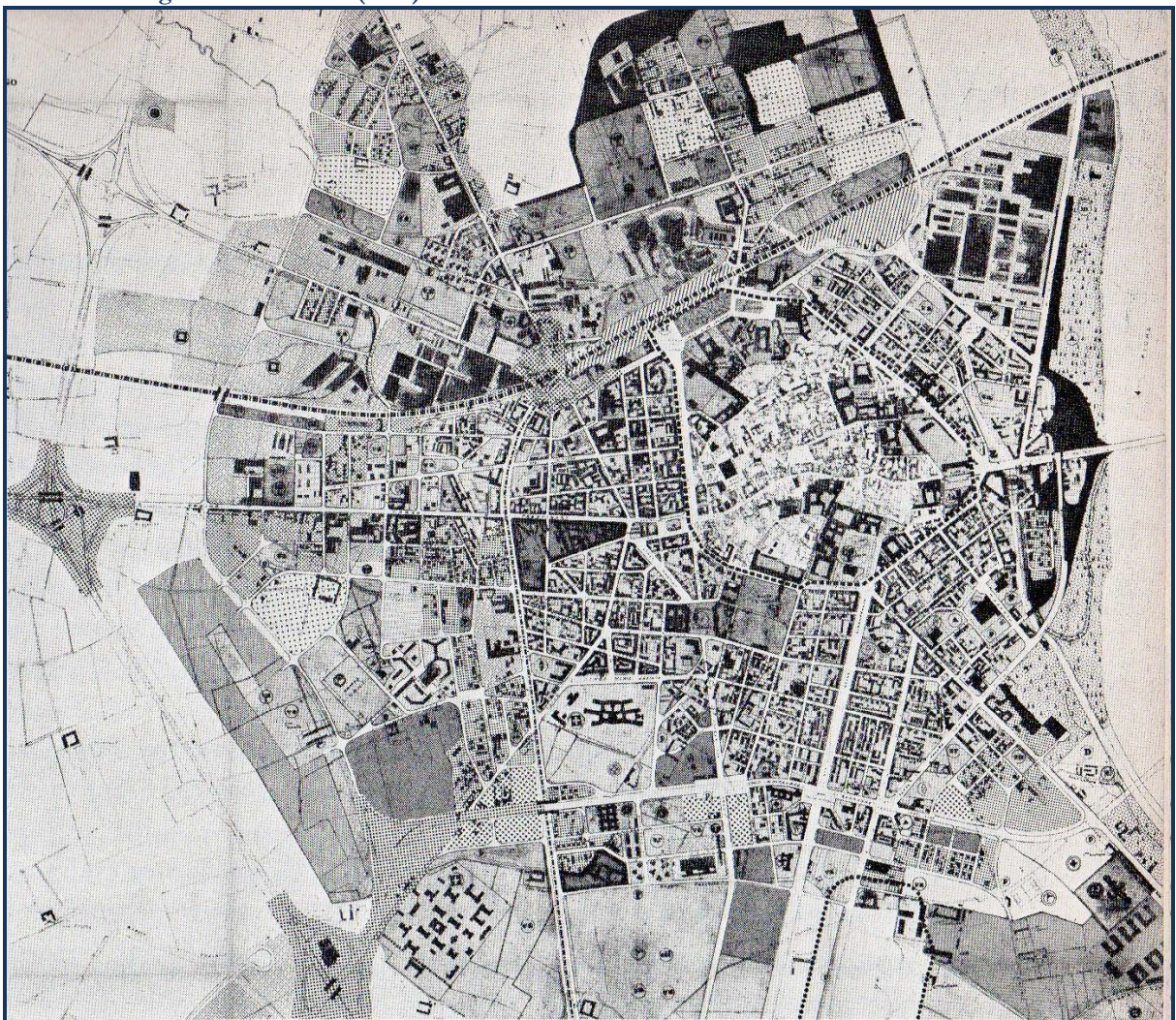
Nel piano Albertini del 1939 appare la concezione dello sviluppo urbano per settori di maglie ortogonali e successivi anelli concentrici di accrescimento che ancor oggi caratterizza il tessuto vercellese più recente.

Viene inoltre ricercata una equipotenzialità del territorio attraverso una omogenea distribuzione del reticolo stradale che tende ad ignorare in parte le presenze funzionali, edilizie e topografiche.

Sull'onda dell'eredità futurista [...] si prevedono una serie di sventramenti del tessuto storico.

[...] si prevede l'isolamento di alcuni nuclei monumentali e l'apertura di nuovi assi viari come, nel nostro caso, il collegamento Nord-sud tra il corso e via Bodo.

F. 10 Piano regolatore Albertini (1939)



Il lento affermarsi dei miti consumistici ha inoltre contribuito ulteriormente a connotare il centro storico del significato di luogo del consumo caricandolo di un'ulteriore serie di simboli.

In questo dopoguerra, anche se all'interno del centro storico si è verificata la costituzione di nuovi fulcri di interesse, l'espansione urbana, limitata a nord dalla presenza della ferrovia, ha teso a svilupparsi verso sud accorpendo man mano autonomi a carattere rurale.

Questo fenomeno di forte sviluppo edilizio non ha però alla costituzione di alcuna struttura capace di catalizzare gli interessi urbani e si è configurato come puro accrescimento subalterno rispetto ad un nucleo centrale che, attestato sull'asse passante fondamentale in direzione Est-ovest, continua ad essere l'unico contenitore delle strutture più qualificanti a livello territoriale.

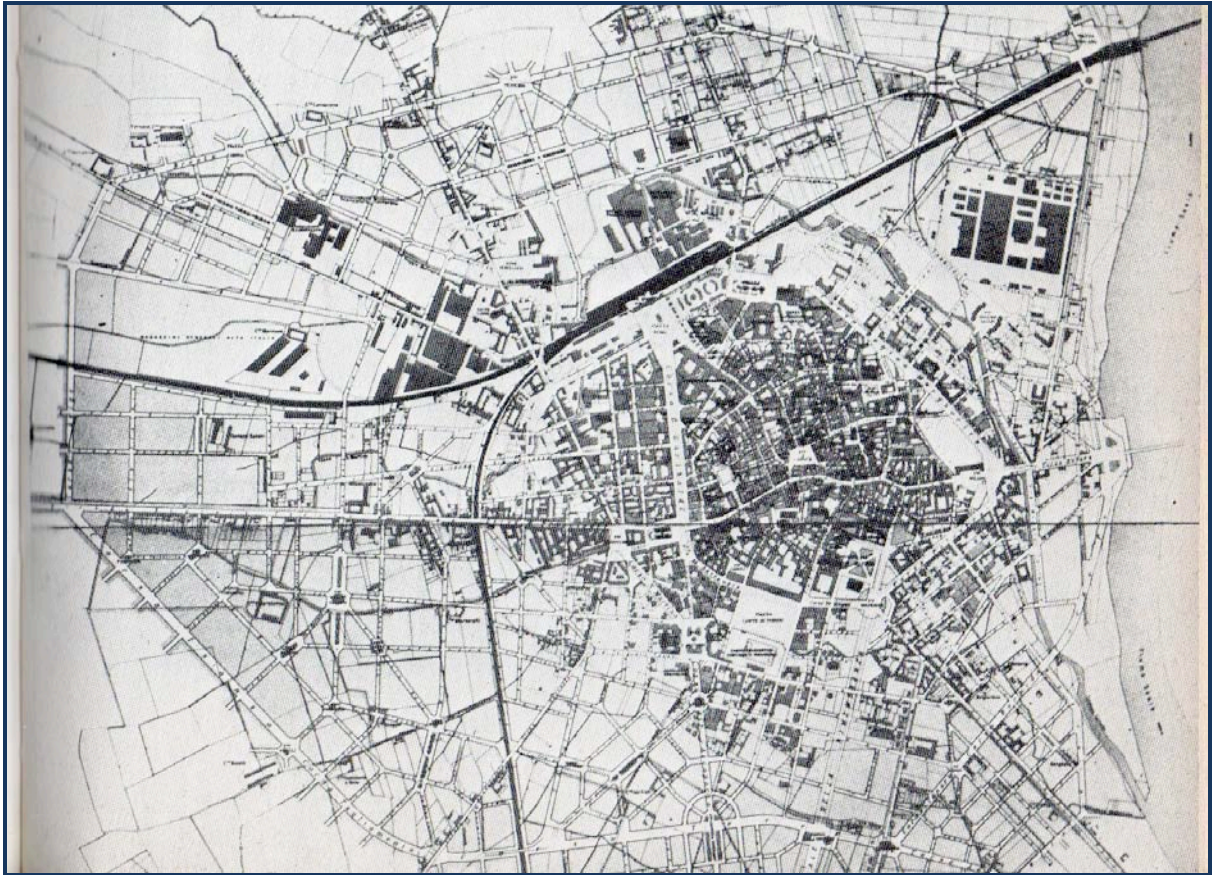
1973. Dopo la seconda guerra mondiale Vercelli fu inclusa nel primo elenco dei comuni obbligati a redigere o rivedere il piano regolatore generale. Per questa ragione nel 1954 fu indetto un concorso nazionale per l'aggiornamento del piano esistente; a seguito dei risultati del concorso venne elaborato un piano che fu adottato dal comune nel 1957. Tale strumento prevedeva una completa revisione del sistema viario cittadino e la determinazione dell'azzonamento; per quanto riguarda il centro storico si proseguiva nel completamento del nuovo centro direzionale sul sedime dell'ex quartiere popolare Furia. Il piano [...] ricevette 250 osservazioni di opposizione. [...] una serie successiva di varianti che si protrasse con alterne vicende sino al 1968.

In quell'anno venne decisa una nuova generale elaborazione ed il piano fu finalmente approvato in sede regionale nel 1973.

Le sue linee generali si basavano su un recupero di valore e significato della posizione geografica di Vercelli come nucleo di consolidamento del sistema territoriale e produttivo [...]. Avendo come obiettivi specifici sia le strutture di mobilità interne ed il loro inserimento nella maglia territoriale, sia gli insediamenti con superamento dello squilibrio esistente tra centro storico e aree periferiche.³

³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

F. 11 Vercelli piano regolatore 1973



Vista anche la possibilità insediativa rappresentata nel centro storico dai grossi contenitori originariamente religiosa (conventi, complessi monastici, ecc.) tutti i servizi qualificati e le attrezzature terziarie si sono attestate nel cuore della città esaltandone il potere attrattivo con al costruzione di nuclei specialistici (uffici pubblici, borsa risicola, centro bancario, asta commerciale), a tutto discapito del tessuto residenziale all'intorno.

Il modello ubicativo delle strutture a Vercelli nel dopoguerra è simile a quello di numerose altre città padane, cioè legato a fattori quali:

- la vicinanza delle strutture direzionali a servizi pubblici e privati di particolare significato (banche, poste, camera di commercio);
- l'elevata accessibilità sia su gomma che su ferro dall'intero contesto territoriale all'area centrale, da sempre punto di convergenza di un sistema radiale dei collettori di traffico;

- gli elementi di prestigio derivanti da tale localizzazione sia per l'ambiente urbano in cui venivano a localizzarsi sia per la possibilità di auto reclamizzazione su un più elevato numero di persone;
- la notevole disponibilità di un cospicuo patrimonio edilizio di prestigio inutilizzato o sottoutilizzato adatto ad una rifunzionalizzazione.

Molto spesso, inoltre, è stata la stessa natura del servizio a scala non solo urbana, ma provinciale o regionale, a chiedere una ubicazione centrale allo scopo di renderlo disponibile al maggior numero possibile di persone.

Tale fatto ha ingenerato una serie di processi per i quali la forte pressione per l'uso del suolo, relativamente al resto della città, ha determinato una notevole concorrenza fra le diverse potenziali utilizzazioni con il prevalere di quelle funzioni capaci di colpire i costi legati alle rendite posizionali.

Da tale esaltazione dei valori di rendita posizionale legati a specifici processi di interazione fra le proprietà è nata a livello urbano la forte dicotomia esistente fra il settore occidentale e quello orientale. Se infatti, come già detto, si è assistito ad un progressivo insediamento delle nuove attività nell'area centrale, d'altro lato, queste hanno teso negli ultimi decenni a preferire le aree verso Porta Torino rispetto a quelle verso Porta Milano.

1.4 SITUAZIONE ATTUALE DELLA CITTÀ

Nel nostro secolo gli sventramenti e gli interventi di risanamento operati nel famigerato quartiere Furia, del centro storico, destinato a nuovo quartiere degli affari e delle contrattazioni risicole, determinerà un'ulteriore evoluzione degli interessi verso tale settore della città.

D'altro canto, come vedremo, la stessa genesi della trama urbana nei settori verso Porta Milano aveva portato al costituirsi di un frammentario tessuto per lo più abitativo ed artigianale che di fatto ha funto da deterrente nei confronti dell'insediamento di nuove funzioni terziarie richiedenti un intorno ed una sede di rappresentanza.

Nell'ambito delle aree centrali, inoltre, le elevate possibilità volumetriche del già citato rione Furia, dovute alla normativa di piano regolatore, hanno recentemente diretto verso questo settore le nuove iniziative sia pubbliche che private.

Tale progressiva concentrazione delle funzioni ha portato all'esaltazione dell'effetto urbano di tali aree, attraverso l'allontanamento delle funzioni cosiddette povere e

disturbanti, con notevole ripercussione nella composizione demografica e nella distribuzione dei valori nell'ambito della città.

Le strutture inserite in tale parte della città, infatti, rappresentando servizi pubblici e commerciali di tipo superiore, forniscono, di conseguenza, posti di lavoro a livello superiore e determinano richieste infrastrutturali più qualificate come pure richieste di servizi per le loro esigenze o per le esigenze dei loro addetti, particolarmente elaborate.

A scala regionale, però, la stessa localizzazione territoriale della città, in rapporto a grossi interventi infrastrutturali realizzati in questo secolo, può giustificare la lenta perdita d'importanza del polo vercellese, causa prima dell'attuale staticità economica della città. Se fino ai primi decenni di questo secolo Vercelli rappresentava, infatti, il fulcro fondamentale del sistema di mobilità lungo le direttrici Milano - Torino e Piacenza - Alessandria; valichi alpini, su cui inoltre gravita una vasta area agricola compresa fra Novara, la Valsesia, Santhià e Chivasso, successivamente alla realizzazione dell'asse autostradale Torino - Milano, la città ha perso notevolmente di importanza.

Tale asse infatti, favorendo per un suo tratto i legami fra le due città capoluogo lungo la fascia pedemontana e sottolineando il ruolo egemone della città lombarda nell'area padana, ha ingenerato nuovi flussi delle attività economico-industriali producendo, di conseguenza, nuove vie di comunicazione funzionali alle nuove localizzazioni.

Il recente asse autostradale Voltri - Santhià che interessa direttamente il territorio vercellese potrà forse, negli anni futuri, ingenerare una inversione di tendenza incentivando la localizzazione nella città e nel suo intorno di nuove strutture produttive e rafforzando l'attuale precaria, o per lo meno stagnante, situazione economica della città.

Dalla fine della guerra ad oggi infatti, la città ha assistito ad un incremento demografico, conseguente agli insediamenti, sui livelli medi delle altre città piemontesi eccetto Torino. Tale fatto, però, nel caso specifico di Vercelli, è da ascrivere solamente al proliferare del settore terziario legato al ruolo di Vercelli quale città capoluogo.

Si è assistito, cioè, alla formazione di nuove filiali legate ad un intervento esterno più che ad una reale dinamica economica locale. D'altro canto, in un'economia per lo più stagnante come quella vercellese, il settore commerciale presenta, rispetto al settore industriale, un maggior movimento ingenerando nuove iniziative ed assorbendo parte del flusso immigrativo.

Si tratta, però, di un tipo di settore qualitativamente poco differenziato, diversificato e qualificato e, per effetto di processi iterativi di accentramento, squilibrato a livello localizzativo.

Le nuove attività hanno infatti teso a saturare le limitate aree centrali accrescendo in tal modo il già sentito squilibrio fra il centro urbano ed una periferia caratterizzata univocamente dalla destinazione residenziale.

Parallelamente, la lettura delle modificazioni subite dalla struttura demografica del polo vercellese è un altro interessante elemento chiarificatore della staticità della realtà economica locale.

Il relativo incremento verificatosi dal 1951, caratterizzato da valori più alti nel primo decennio è di fatto dovuto alla componente migratoria.

Il tasso naturale tende infatti a mantenersi pressoché nullo con un equilibrio fra nascite e morti.

I suddetti flussi migratori, se da un lato hanno permesso un pur lento incremento demografico, di fatto hanno abbassato notevolmente l'indice del grado d'istruzione della popolazione e modificato la suddivisione della popolazione attiva per posizione professionale.

Se infatti è di molto cresciuto il numero di analfabeti o semianalfabeti, è per contro, relativamente calato il numero di professionisti od imprenditori localizzati nella città.

La carenza di energia imprenditoriale è, d'altro canto., causa ed effetto di un ulteriore preoccupante fenomeno demografico: la continua diminuzione delle classi in età centrale fra i 35 ed i 55 anni, più direttamente interessate al processo produttivo.³

Negli anni sessanta, a Vercelli erano ancora presenti numerose industrie, anche nei pressi del quartiere di Porta Milano. Con la dismissione delle stesse e l'allontanamento di gran parte della popolazione, si è ritornati alla coltivazione del riso.

Un ritorno all'agricoltura, che ha portato negli anni alla dipendenza economica totale da questa coltivazione. Per questo si può considerare la coltura del riso come un limite che negli anni, ha portato alla totale chiusura nei confronti delle altre possibili risorse economiche.

³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

Dalla divisione delle provincie di Vercelli e Biella nel 1992, la città ha subito un ulteriore impoverimento.

Ad oggi uno degli strumenti di attrazione più forti della città è il settore dell'arte, grazie alla fondazione Guggenheim, al museo dell'Arca, dove si sta cercando di valorizzare un patrimonio oggi dimenticato.

Dove si fa cultura le città vivono e a Vercelli non manca la materia prima, tanto che nel passato questa sua forte valenza artistica le ha portato enormi vantaggi.

Punto a favore della città è la cura del verde.

Corso Italia ha subito un grande intervento di riqualificazione ben eseguito e c'è grande attenzione nei confronti della tutela dei parchi, degli alberi e delle zone naturalistiche.

La città risulta essere sicura, vi è poca delinquenza e per questo ha vantaggio a preservare tale stato di "isolamento".⁹

⁹ informazioni ottenute grazie al contributo del Sign. Gianfranco Tretola, cittadino e artigiano di Vercelli

1.6 SOMMARIO CRONOLOGICO

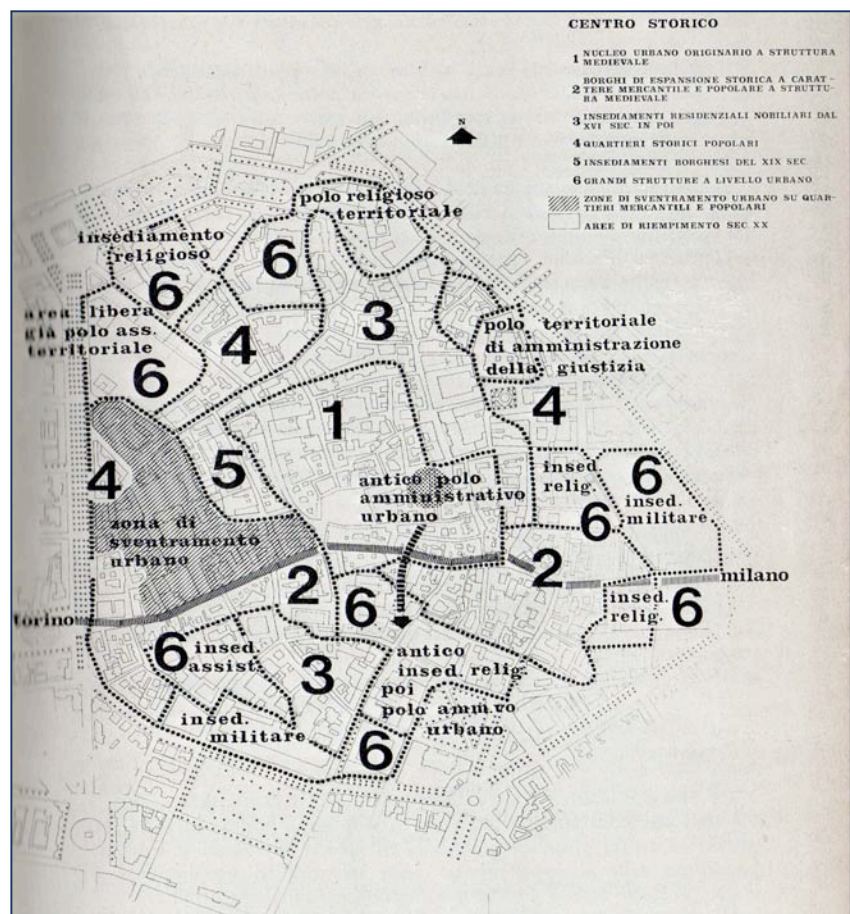
- 1605-1610: deviazione del corso del Cervo (su progetto di Ascanio Vitozzi): esso provocava disastrosi allagamenti soprattutto nella parte terminale del borgo.
- 1638-1659: dominazione spagnola, durante la quale venne costruito il quartiere militare
- 1675: inizio della grande cintura fortificata, poi abbattuta nel 1704
- 1846: ultimazione dei lavori di copertura della roggia lungo il corso
- 1855: inaugurazione della ferrovia Vercelli-Novara ed inizio della decadenza del borgo.
- 1890: costruzione della nuova caserma di fanteria e sistemazione del rondò (piazza Milano).

2. IL BORGO DI PORTA MILANO

2.1 STORIA DEL BORGO

La vasta piazza in cui viene ora a sboccare il Corso, piazza Milano, è creazione recente; le mura nelle quali, verso il finire del secolo XII, il libero Comune chiuse la città coi suoi sobborghi, correvano a cinque metri circa di distanza dalle ultime case del Corso, come si vede negli scavi fatti nel 1929 per i lavori della fognatura. Qui si apriva una delle nove porte che interrompono la cerchia murata; la Porta del Sarvo o del Servo. Essa si chiamava così dal fiume oggi detto il Cervo, che, scendendo dalla valle del Biellese che ne porta il nome, ricevuto (verso Quinto) l'Elvo, piegava, serpeggiando per la pianura, verso Vercelli e veniva a battere contro le mura presso Sant'Andrea. Quindi girava, costeggiando le mura stesse, intorno al Duomo, si dirigeva verso Porta Milano e poco dopo la Porta, detta appunto del Servo. Si buttava nella Sesia.

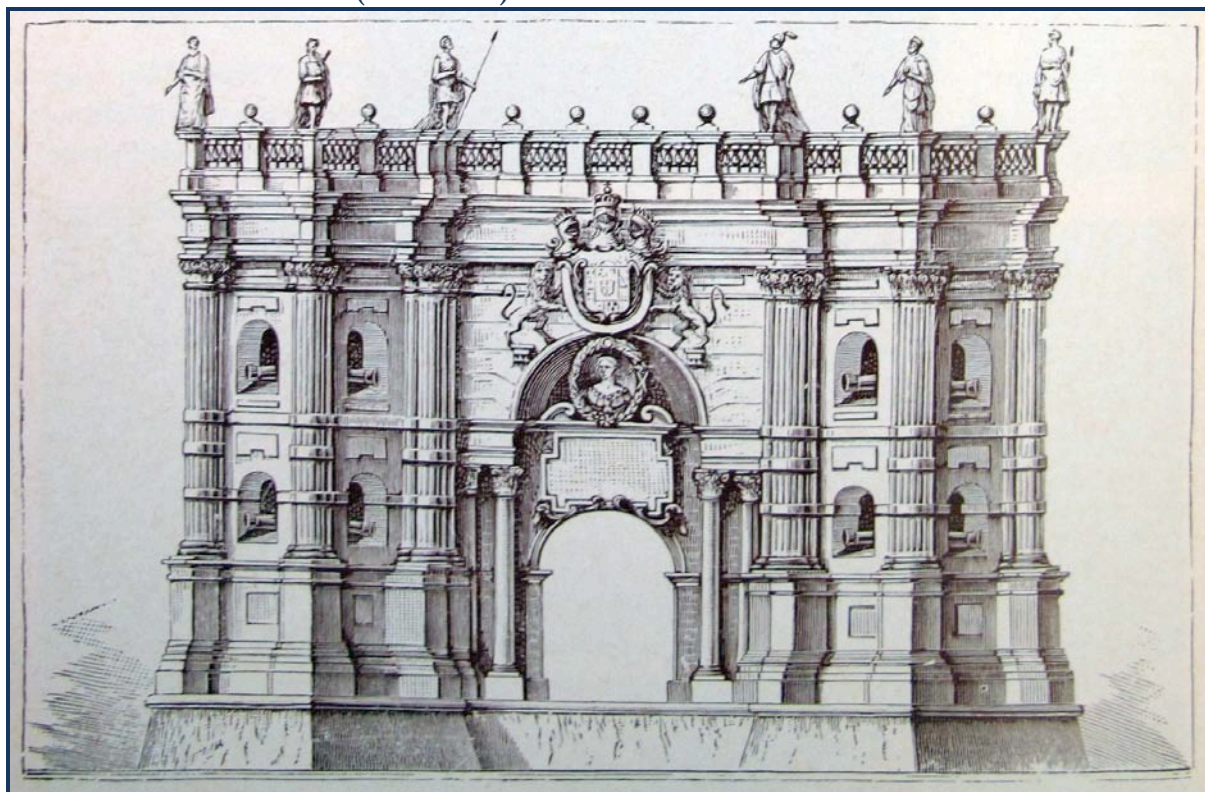
F. 12 Il centro storico di Vercelli



La nuova Porta Milano

[...] la porta di Milano della nuova cinta non fu più costruita allo sbocco del corso verso levante, dove era la vecchia porta del Servo, ma fu spostata più verso mezzogiorno, e cioè grosso modo, ove trovasi ora l'imbocco in via Carlo Farini della stradiciola posta tra il lavatoio municipale di corso Palestro e il vecchio fabbricato già Mazzucchelli. Davanti alla porta stessa, nel fosso, trovavasi la mezzaluna omonima, attraversata la quale si usciva dalla città per la strada di Milano e Casale. La nuova porta, [...], sorgeva nel mezzo della cortina tra i bastioni di San Francesco e di Santa Chiara; l'edificio era alto circa m. 17,50, largo m. 28 circa e profondo m. 32, l'arco d'ingresso era alto m. 6 e largo m. 4 circa, la facciata, verso l'esterno era tutta rivestita di marmo di Venasca, con colonne lisce e scanellate e sormontata da statue. Fu costruita nel 1671 dai capimastri impresari Giovanni e Giuseppe Maria Carloni fratelli, Ludovico Bianchi e Andrea Solaro. Demolita dopo l'assedio francese nel 1704.⁴

F. 13 L'antica Porta di Milano (secolo XVII)



⁴ Chicco G., *Le fortificazioni di Vercelli: studio storico con brevi cenni sugli assedi del 1617-1638-1704 e sui Governatori Conte Catalano Alfieri e Claudio Des Hays, Gallardi, Vercelli, 1941*

[...] antica porta del Servo e alle antiche mura del Comune. L'andamento di queste era ancora sino a pochi anni fa nettamente segnato dall'ala vecchia del Quartiere della Fanteria, quella che, costeggiando la via Rodolfo Gattinara di Zubiena, si protendeva sin dietro la chiesa delle Povere Figlie di Sant'Eusebio, ala che fu abbattuta nel 1936.

La trasformazione completa però delle fortificazioni avvenne verso il finire del secolo XVII. Carlo Emanuele II, come già dicemmo, riavuta nel 1659 dagli Spagnoli la città, provvide tosto a renderla una delle più munite piazzeforti dei domini Sabaudi con grandi lavori [...].

Anche in queste ultime fortificazioni la odierna piazza Milano (oggi Cugnolio) era tutta occupata da un bastione. La nuova porta fu costruita verso la metà del muro di cortina tra questo bastione ed il bastione di Santa Chiara (che era a sinistra della odierna via Magenta).

Chi, alla fine del 1600, dallo stato di Milano entrava per questa via in Vercelli, [...], si trovava dinnanzi, nel muro della città, una imponente opera d'arte: la Porta Milano. Colonne, nicchie, archi, cornicioni, cannoniere in pietra viva di bella architettura barocca le davano un aspetto maestoso.

Nella demolizione delle fortificazioni ordinata dal duca di Vendome dopo l'assedio e la resa della città nel 1704, anche la Porta Milano fu distrutta.

Cento anni dopo la demolizione di questa opera d'arte, un'altra Porta Milano venne eretta all'inizio del Corso che "compiva perfettamente la larghezza della strada e gareggiava le più alte case del corso".

Era un arco trionfale che i nostri municipalisti nel 1805, eressero per lo sperato passaggio di Napoleone I di ritorno da Milano con l'Imperatrice Giuseppina, dove erasi recato per l'incoronazione a Re d'Italia.

L'arco trionfale aveva una facciata verso la Sesia, da questo lato, sopra l'attico, era posta la statua di Bonaparte. Dalla facciata, invece, ricolta verso la città, sopra l'attico sedeva la gloria che tiene fra le mani corone d'alloro.

[...] il nostro imponente arco trionfale era la più lampante testimonianza: tela, carta e legno. Fumo insomma.

Diroccati i bastioni, abbattute le mura, rimasero dei terrapieni che si spianarono a poco a poco; la strada per Milano continuò però a uscire dove era l'antica Porta. L'apertura di un nuovo tronco di strada, in prolungamento del Corso verso Milano, non avvenne che nel 1806-07; fu in quegli anni perciò demolito, il vecchio castello di Porta del Servo. Si costruiva allora dall'Impero Napoleonico il primo ponte sulla Sesia, di legno, un po' più a monte dell'odierno ponte ferroviario. Questo primo ponte fu finito nel 1810.

Di legno era anche il ponte sul Cervetto. Abbattuto l'antico arsenale, la piazza fu sistemata a rondeau contornato di alberi, come a Porta Torino e a Porta Casale.

Porta Milano rimase così per quasi tutto il secolo XIX, anche quando il ponte di legno del Cervetto fu sostituito da un ponte in cotto nel 1862. Diciotto anni prima, nel 1844, il vecchio ponte napoleonico sulla Sesia, di legno, aveva cessato di funzionare, sostituito da un bel ponte in muratura.

Porta Milano, cioè, il Borgo, la zona commerciale più importante della città, decadde verso la seconda metà del secolo scorso (1800), specie dopo l'entrata in esercizio della ferrovia Vercelli – Novara.

Il Borgo, un tempo così fiorente si ridusse allo stremo. Gli antichi laghisti, traffichini e bonaccioni emigrarono o degenerarono.

Perduto per quegli abitanti ogni amor proprio e ogni dignità non esitarono a decorare l'ingresso della città, il Rondò, con delle specie di rastrelliere sulle quali ponevano ad asciugare le tome [...].

Poco a poco anche l'antico Borgo venne ricordato dal Comune. Venne la fabbrica di bottoni Mazzucchelli, ora demolita per far posto agli edifici scolastici, venne l'officina del gas, l'ufficio del dazio col peso pubblico e nel 1889-90 la piazza ebbe la sistemazione attuale con la costruzione, da parte dell'amministrazione militare, della caserma Umberto I ora Garrone. Per far fronte all'ala sinistra di questa fu abbattuta la parte estrema della antica caserma di S. Giuseppe che giungeva fino alla piazza e nella quale si apriva il portone di ingresso. Per creare il vasto cortile della nuova caserma, il viale che dal castello veniva a costeggiare la caserma degli Spagnuoli fu spostato fino a costruire l'odierno corso detto già Regina Margherita, ora corso Italia.

Sulla piazza, davanti alla nuova caserma fu eretto il monumento a Eusebio Bava.

F. 14 Porta Milano. L'officina del gas e l'edificio del dazio



Dietro al monumento fino a una decina di anni fa c'erano le ruine di quello che fu lo stabilimento Mazzucchelli e di fianco ad esso gli ultimi orti cittadini. Era uno spettacolo di desolazione che però una provvida cortina di alberi tentava di nascondere ai forestieri.

Dov'erano gli orti è sorto un caseggiato scolastico, sede del Liceo Scientifico Statale "Amedeo Avogadro".

E poiché abbiamo così attraversato tutta Vercelli da Porta Torino a Porta Milano, ricorderemo ancora che moltissime case lungo il corso Libertà hanno solo due finestre. È tradizione infatti che una antica legge vietasse ai privati di avere case sul Corso con più di due aperture per piano. Certo le case che oggi hanno molte finestre sono tutte di costruzione più o meno recente.⁷

⁷ Faccio G.C., *Vecchia Vercelli: passeggiate storico – topografiche*, Gallardi, Vercelli, 1931

2.2 ANALISI AREA DI PROGETTO NEL QUARTIERE DI PORTA MILANO

F. 15 inizio del corso da Porta Milano (con l'ingresso della vecchia caserma)



Nell'analizzare il tessuto della città di Vercelli appare evidente come questo sia caratterizzato da una struttura distinguibile per parti, che sono la cristallizzazione, in termini fisici e secondo accentuazioni diverse, del complesso di situazioni geografiche, storiche, sociali e politiche che nella loro reciproca dialettica costituiscono il fenomeno urbano.

Per la città di Vercelli si è venuto codificando il riferire il concetto di centro storico all'area urbana situata all'interno della cerchia delle mura; concetto che è nato per contrasto, in questo secolo in cui l'agglomerato urbano si è venuto sviluppando ad di là delle mura realizzando la cosiddetta periferia.

Il centro storico, di fatto, rappresenta una sezione nella realtà del sistema ambientale spaziale ed aspatiale della città e costituisce nell'ambito territoriale una particolare organizzazione dello spazio che è nel contempo supporto, vincolo ed espressione di un

modo di vivere legato ad una fitta organizzazione dei trasporti interpersonali fra i suoi abitanti.

Se però non sempre è facile cogliere la giustapposizione delle diverse parti ed i loro legami nella città, più difficile appare tale processo nel caso della città antica, in cui le articolazioni fra i diversi insiemi sono nascoste in una struttura apparentemente omogenea.

Mentre nella parte moderna di Vercelli sono facilmente localizzabili gli interventi edilizi frutto di specifiche situazioni politico-culturali quali espansioni borghesi umbertine, le iniziative di edilizia pubblica del dopoguerra, l'informe agglutinazione dell'espansione speculativa, non appare altrettanto semplice enucleare nella città storica le diverse modificazioni e stratificazioni che si sono succedute sul sedime originario.

All'interno del tessuto storico, pur notando degli elementi ricorrenti e costanti, si possono individuare arti fra loro diversamente articolate e strutturate sia per quanto riguarda le loro relazioni con l'insieme urbano che per le connessioni fra la morfologia ed i comportamenti umani.

F. 16 Dazio di Porta Milano con la nuova caserma



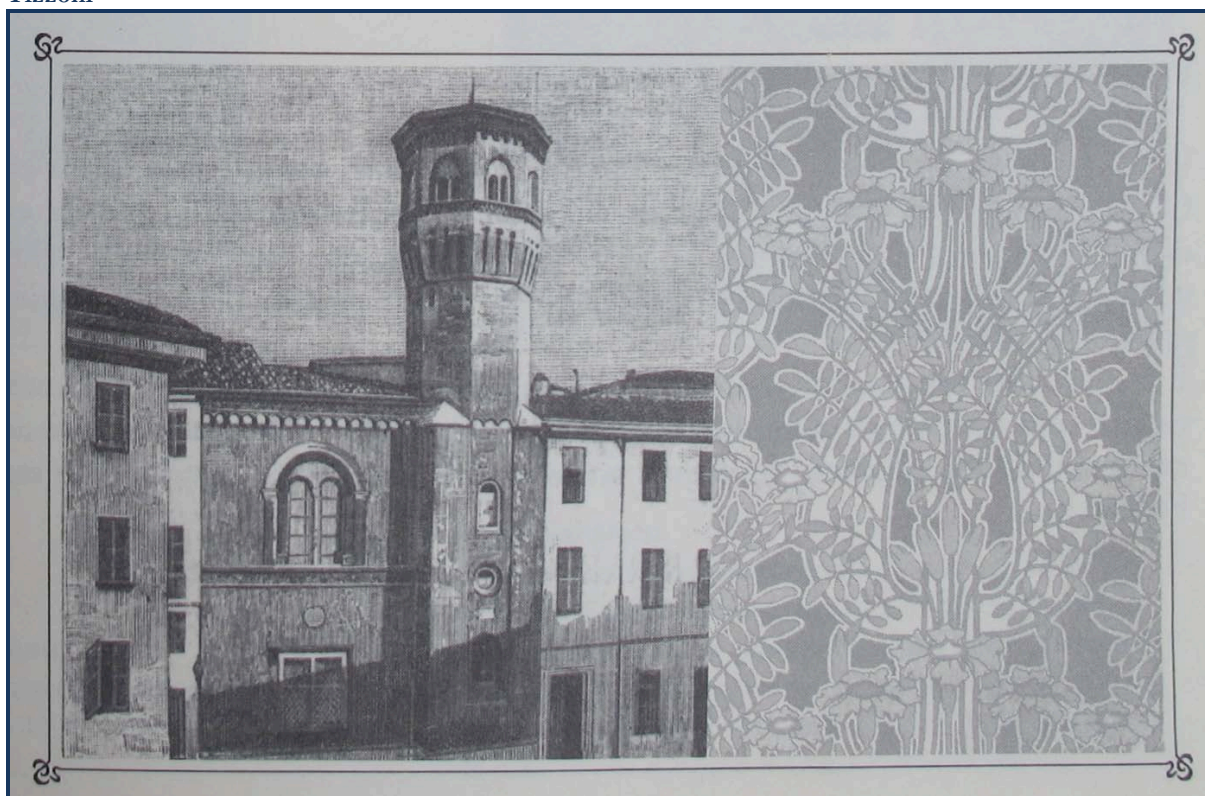
Così come l'entità città si configura come sommatoria di parti tra loro distinte, analogamente, al problema urbano concorrono una serie di sottoproblemi che assumono accentuazioni e significati diversi nei singoli settori.

Pertanto si è ritenuto opportuno fare riferimento ad una parte di città in cui, se da un lato il fenomeno in esame fosse macroscopicamente presente, dall'altro fosse caratterizzato da una pluralità di aspetti e concause che ne assumessero forma diffusa e capillare.

[...] la prima da elemento di accostamento alla città più antica, il secondo da collegamento con tutta la parte sud del Borgo. Il quartiere è, inoltre, caratterizzato da una certa omogeneità tipologica delle strutture edilizie (tipologia mercantile) che ha portato all'emergere di relazioni di una certa consistenza consolidate nel tempo.

Al suo interno sussistono, inoltre, una serie di complessi nodali quali palazzo Tizzoni-Mariani, la Salera e la Posta Vecchia che, se sono stati punti di attrazione ed interesse di un certo rilievo, sono, di fatto, divenuti elementi fondamentali attraverso i quali gli abitanti riconoscono da sempre questa parte di città.

F. 17 Piazza dei Tizzoni. Così si chiama fin dal XIII sec. Si può ammirare la bellissima torre della famiglia Tizzoni



Una relativa omogeneità sociale, formatasi storicamente, ha favorito il costituirsi di una specifica espressione che anche oggi permette agli abitanti di Vercelli di leggere tale parte del tessuto cittadino. Le tendenze segregatrici che si sono sviluppate in altre parti della città hanno determinato il raggruppamento in questa sacca del centro storico, di una popolazione che, divisa in due gruppi, presenta notevoli tratti di omogeneità: da un lato anziani vercellesi da generazioni abitanti nel quartiere, dall'altro popolazione di recente immigrazione. È forse proprio tale carattere di omogeneità sociale legato ad una diffusa ed omogenea situazione di malessere economico che costituisce l'elemento di specifica caratterizzazione degli abitanti del quartiere di Porta Milano.

Va inoltre rilevato come il settore di Porta Milano, oggetto negli ultimi decenni di scarsi interventi innovativi, abbia mantenuto i caratteri di entità simbolica organica in un contesto, come quello vercellese, in cui, al contrario, la tessitura globale del centro storico risulta profondamente intaccata.

Accanto, infatti, a parte costituenti riferimenti simbolici rilevanti, emergono grosse smagliature nel tessuto che tendono a destrutturare il ruolo del centro storico come compatto simbolico.

Da qui nasce l'interesse particolare per tale parte di città caratterizzata da un pesante stato di degrado, ma, nel contempo, da una perfetta conservazione dell'originaria articolazione del tessuto edilizio e delle emergenze architettoniche così come sono venute strutturandosi nel tempo.

La scelta, quindi, di Porta Milano quale campo di indagine è anche legata alla volontà di esprimere il maggior numero di forze in gioco a livello di elementi fisico-simbolici (preesistenza, connettivo, polarità, interventi pianificati storici, nodalità funzionali) al fine di rendere possibile un'operazione che, anche se limitata e circoscritta quantitativamente, possa però presentare una problematicità capace di investire altre parti urbane e, come tale, qualificarsi come esperienza utile ad una più vasta applicazione.

F. 18 Porta Milano. Caserma Garrone, già Umberto I. il locale del Dazio con il peso pubblico. Sulla stessa piazza nello stesso periodo (1889) fu eretto il monumento del generale Eusebio Bava.



Il tessuto degradato di Porta Milano, se da un lato costituisce l'ultimo stadio di sfruttamento di un bene da parte dei privati, dall'altro rappresenta la sacca in cui più facilmente può stabilirsi quel tipo di popolazione che riesce ad attribuire una parte molto limitata, di un già limitato reddito, al bene casa.

L'esistenza di sacche fatiscenti nel centro urbano di Vercelli, così come in molte altre aree italiane caratterizzate da una relativamente buona possibilità di investimento, si presenta quale carattere strutturale e permanente, strettamente connesso da meccanismi casuali, alla impostazione socio-economica della città capitalistica.

A Porta Milano la stessa frantumazione della proprietà, unita ai problemi di interdipendenza fra la pluralità delle proprietà, facilita il deterioramento dell'intera area.

Come è facilmente rilevabile nel tessuto della città di Vercelli, gli interventi di manutenzione, così come quelli di rinnovo, tendono a localizzarsi in lotti fra loro vicini: per motivi di redditività economica, come osserva Jane Jacobs, il rinnovamento urbano non avviene per punti ma "in maniera cataclismica".

[...] come verrà in seguito esaminato, l'edilizia di Porta Milano è il frutto di un continuo processo di trasformazione ed adattamento che, per alcuni edifici, rende quasi impossibile il riconoscimento della struttura originaria e la datazione delle diverse parti.

L'indagine storica sulla struttura urbana.

Si riconosce infatti la storia come fondamentale categoria di analisi, un punto di vista da cui studiare la città nelle sue permanenze e nelle sue trasformazioni strutturali, interpretando queste ultime come immagine sintetica dei conflitti e delle forze presenti nella città.

In questo senso l'interesse non è tanto volto all'interpretazione casuale dei fatti urbani, quanto piuttosto ai momenti in cui è maggiormente possibile riconoscere una tendenza evolutiva.

Proprio per questo abbiamo condotto su Porta Milano un'analisi urbana volta all'individuazione di una serie di elementi collegati tra loro dal contesto urbano stesso, da utilizzare come punti fissi attorno ai quali sviluppare una conoscenza dell'area ed una successiva ipotesi di riqualificazione.

Soltanto rispettando, infatti, le tendenze ed i luoghi il cui significato è nella storia, un intervento di ristrutturazione riesce a definire una propria forma, partendo da una serie di significati già precedentemente consolidati nel contesto.

[...] se da un lato, infatti, è emerso come la struttura dell'isolato sia legata ai due grandi assi di collegamento interregionale d'origine romana da Torino a Milano e da Piacenza alla Valle d'Aosta, dall'altro è apparso come le presenze di carattere mercantile ed alberghiero abbiano sempre rappresentato una costante nello sviluppo del borgo di Porta Milano.

F. 19 La caserma dei fratelli Garrone, già Umberto I



L'indagine ha evidenziato quanto la struttura della proprietà nobiliare e religiosa e la presenza delle rogge, in epoca medievale, il successivo installarsi dei quartieri militari e, in epoca moderna, il trasferimento degli interessi di scambio a livello urbano (crf. Apertura della ferrovia Torino-Novara), siano da considerarsi fattori chiaramente motivanti le successive trasformazioni del tessuto sociale, fino al suo più recente estremo deturpamento.

Tali fattori hanno inoltre evidenziato il parallelo degrado edilizio, nel tempo, di Porta Milano e della sua attuale specifica destinazione funzionale e residenza popolare ed a sacca di contenimento di attività produttive e di deposito, non gradite dalla residenza a più alto livello. ³

³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

2.3 CARATTERI DELL'ISOLATO

Caratteristica del borgo, in tutti i tempi e fino all'epoca della sua "decadenza" fu l'intensa attività commerciale.

In ogni casa che si affacciava sul corso, su via Felice Monaco e sui vicoli, si aprivano botteghe di ogni tipo (panetterie, salumerie, drogherie, ecc.) e di artigiani (fabbri, sellai, falegnami, cordai, ecc.).

Il Settecento fu l'epoca più felice per il commercio, a cui diedero grande impulso numerose famiglie di immigrati laboriosi ed intraprendenti, provenienti dai paesi del contado, ma soprattutto da località vicine al lago Maggiore ed al lago Candia Canavese.

Nell'edificio detto del Capelrosso, la "Salera", convengono le merci provenienti dalla riviera: successivamente gli stessi locali furono sede della dogana, e utilizzati anche come caserma.

Più avanti, all'osteria della Posta, avveniva il cambio dei cavalli e dei postiglioni delle diligenze che facevano servizio fra Vercelli e "lo stato di Milano". La "pesa grossa delle robbe di riviera" era posta nel cortile del Capelrosso.³

2.4 L'EDIFICATO

I primi abitanti insediati, negli spazi lasciati liberi dalle proprietà ecclesiastiche e nobiliari, sono artigiani legati alle attività di scambio e commercio della zona ed attività a carattere ricettivo.

[...] successivamente alla occupazione napoleonica si verificò un periodo di notevole floridezza per la città che si ripercosse in un forte impulso all'attività edilizia.

Questa risultò a tal punto sregolata e selvaggia che nel 1833 Carlo Alberto, approvò il regolamento e la nomina della commissione di ornato, colta a regolare tale attività.

Parallelamente, per motivi di decoro urbano, venivano imposti, in particolare per gli assi principali come è il caso di corso Carlo Alberto (ora corso Libertà), regolarizzazioni del tracciato con abbattimento degli edifici comportanti sinuosità e tortuosità.

Pressochè nulli risultano gli interventi nel secolo XX, se si escludono limitate opere di adeguamento igienico e la ristrutturazione del complesso della Salera [...].

A livello qualitativo, invece, notiamo come gli adeguamenti delle fronti riguardino in particolare le unità in cui sono ancora presenti testimonianze del periodo gotico (archi ogivali, aperture con cornici in cotto, ecc.) che vengono eliminate o ricoperte e regolarizzate omogeneizzandole con gli stilemi del tessuto all'intorno.

Per quanto riguarda gli interventi di ristrutturazione di unità mercantili in organismi edilizi di maggiore complessità e consistenza, va notato come questi siano rappresentati con una notevole ricchezza di diversificazioni esecutive.

Gli esempi più semplici di riorganizzazione consistono nella messa in comunicazione in orizzontale di due unità senza modificazioni delle distribuzioni verticali e orizzontali e quindi senza sostanziali variazioni dell'assetto tipologico.

In genere le operazioni di tale livello denotano un particolare interesse per la partitura delle facciate che vengono ridisegnate secondo un lessico decorativo omogeneo, con scansioni estremamente regolari impostate sulla più pedissequa trasposizione nel manufatto edilizio delle teorizzazioni sul concetto di "euritmia e simmetria nella costruzione delle fabbriche".

F. 20 La casa mercantile nel tessuto di Porta Milano



F. 21 La casa mercantile nel tessuto di Porta Milano



È interessante notare come il puro discorso di facciata comporti, in presenza di diversità di livello all'interno e sfalsature spesso notevoli, la realizzazione di una crosta superficiale sganciata dal manufatto edilizio alla spalle, con apertura la cui logica è tutta nella composizione al tavolo da disegno, a volte in contrasto con le stesse necessità funzionali degli ambienti cui si riferisce.

Nei casi più complessi si assiste, invece, alla completa rielaborazione delle unità, alla eliminazione di corpi scala esterni e di accessi sul corso che vengono trasformati in nuovi occhi di negozio.

A livello distributivo si realizzano percorsi in orizzontale, del tipo a ballatoio, che disimpegnano le diverse cellule; gli spazi cortilivi vengono riuniti in ampi spazi su cui risulta possibile l'edificazione di corpi semplici a funzione residenziale o, più spesso, di deposito.

L'avvenuto aumento della popolazione [...] determina un processo di crescita continuo per il quale gli abitanti più numerosi richiedono beni e servizi in quantità maggiori, a loro volta richiedenti ulteriore aumento degli addetti.

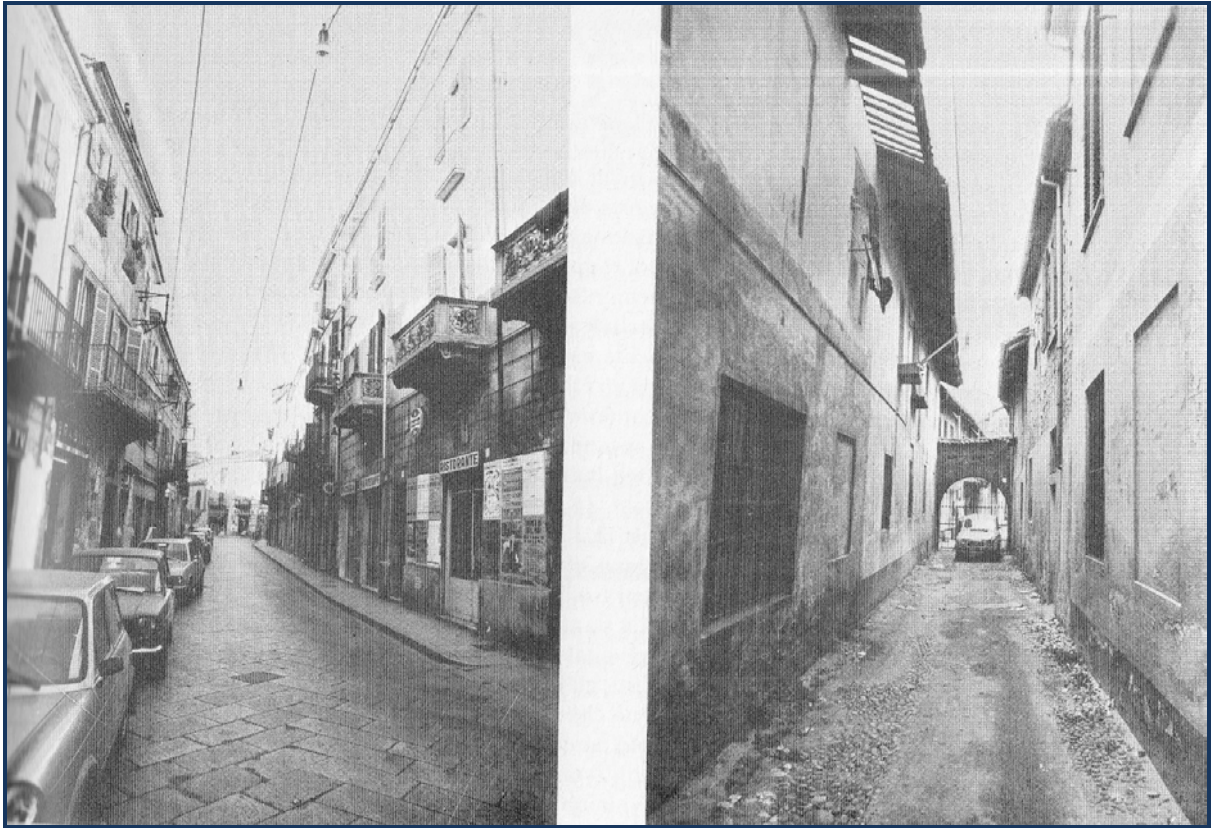
Questi mutamenti comportano l'obsolescenza funzionale del tessuto storico sia a livello di edificio, sia di struttura microurbanistica;[...].

Da qui il graduale allontanamento delle classi abbienti verso nuovi quartieri di Porta Torino e la loro sostituzione nei vecchi edifici, che presto decadono fino alla fatiscenza, con i nuovi immigrati.

Si viene nel contempo a determinare l'intrusione nel settore di attività artigianali non più di servizio ma a carattere produttivo, che modificano nel concreto l'assetto fisico del tessuto con la realizzazione di tettoie, capannoni, e le trasformazioni dei piani terreni degli edifici.

Le zone a verde presenti nel tessuto originario, i cortili delle case mercantili, i giardini dei palazzi, gli orti vengono così occupati da nuove costruzioni che saturano ben presto il già esiguo spazio disponibile.

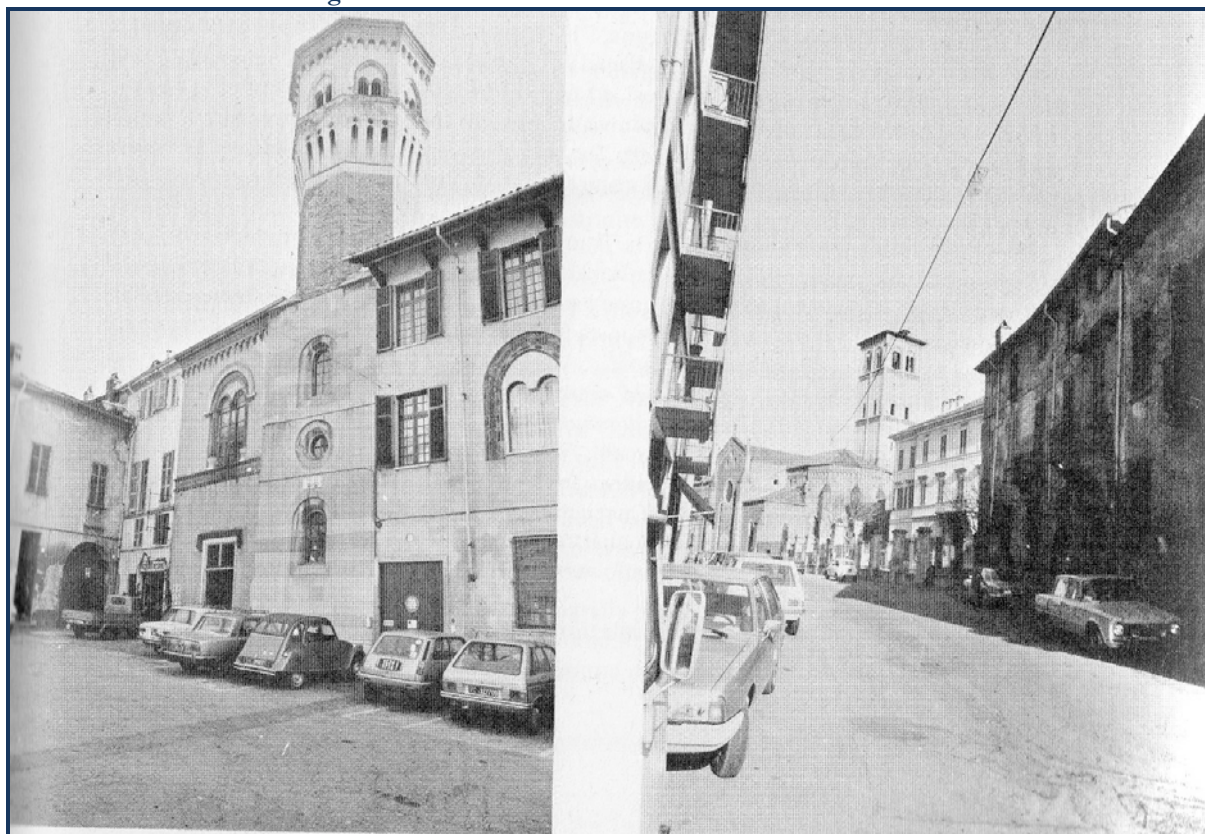
F. 22 Caratteristiche del Borgo



La compresenza all'interno di una stessa area di più elementi con caratteristiche differenti, determinata in parte dagli squilibri tipologici, ed a sua volta produttrice di nuovi squilibri, si ripercuote sui rapporti strutturali del distretto stesso, venendo a determinare dei fattori conflittuali che portano rapidamente al degrado fisico ed alla valorizzazione delle funzioni che entrano fra loro in conflitto.

Tale conflitto,[...], determina il carattere di tessuto di frangia e di zona di frammistione dello specifico settore urbano nella seconda metà del secolo.

F. 23 Caratteristiche del Borgo



Nella lotta per la conquista del territorio da parte di uno o più elementi e nelle successive tendenze all'espulsione dei gruppi sentiti come estranei, si ingenerano una serie di processi di invasione, in seguito ai quali nuovi gruppi di popolazione o funzioni si sostituiscono ad altre, dando origine alle formazioni omogenee presenti nella città.³

Porta Milano, rione importante; sta riprendendo a vivere: la riapertura di negozi, la ristrutturazione del Santa Chiara, hanno dato incentivo al rione che negli anni '60 era tutto una sequela di occasioni perdute. Nel senso che erano rimasti ancora attivi alcuni negozi e magazzini di antiquari e rigattieri visitatissimi da commercianti di altre località e da collezionisti. Ci sono state ristrutturazioni di altri caseggiati che hanno aiutato il rione a rimettersi in carreggiata. Il numero di antiquari si è ridotto.

A porta Milano ha sede il liceo scientifico e in piazza Cugnolio c'è il monumento al generale Eusebio Bava, che fu capo di stato maggiore dell'esercito piemontese nella prima

³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

fese della guerra di Indipendenza e vincitore a Goito e a Governolo. Travolto poi dalla gelosia degli altri generali venne sostituito dal sempre indeciso Carlo Alberto.⁸

Negli anni sessanta, a Vercelli erano ancora presenti molte industrie, anche nei pressi del quartiere di Porta Milano, ma con la dismissione delle stesse e l'allontanamento di gran parte della popolazione, si è ritornati alla coltivazione del riso; un ritorno all'agricoltura, che ha portato negli anni alla totale dipendenza economica da questa coltivazione. Per questo si può considerare la coltivazione del riso come un "blocco" nei confronti delle altre coltivazioni e delle altre possibili risorse economiche.

Dalla divisione delle provincie di Vercelli e Biella nel 1992, la città ha subito un ulteriore impoverimento.⁹

⁸ *Leale F., Santarella M., Vercelli racconta. Immagini e ricordi, Besso editore, Vercelli, 1993*

⁹ *Informazioni acquisite a seguito di un'intervista al sig. Gianfranco Tretola, cittadino ed artigiano di Vercelli*

3. IL CERVO

Chi vede oggi il pacifico Cervetto che ne indica ancora il corso, assai difficilmente può immaginare quale minaccioso pericolo il Cervo abbia rappresentato attraverso i secoli per i nostri vecchi. Esso è ancor oggi soggetto e piene spaventose, ma nel secolo XIV una di queste piene improvvise fece addirittura rovinare un bel pezzo del muro della città. E chi sfogli i fitti volumi degli “Ordinati del Consiglio delle Provvigioni” del 1400 e del 1500 vedrà che quasi ogni anno fu necessario provvedere a opere di difesa: ora bisogna proteggere con una palificata il muro da Sant’Andrea al Duomo; ora rifare un pezzo del muro pericolante [...].⁷

Danni gravissimi recava alle mura il torrente Cervo che giungeva allora a nord della città approssimativamente ove è ora la piazza Roma, e proseguiva poi lungo le mura fino a sud-est della città sfociando nella Sesia all’incirca dove ha termine ora il colatore Cervetto. Quando era in piena, il torrente invadeva il fossato delle mura, rovinando le medesime, le palancate ed i ponti delle porte.²

Finalmente nel 1605, avendo Carlo Emanuele I ordinato grandi lavori alle fortificazioni, l’ingegnere ducale Ascanio Vitozzi deviò il corso del Cervo perché non minacciasse più le mura. Il che non impedì che nel 1610, per un’improvvisa piena, le acque del fiume ritornassero, rompendo le nuove dighe, sotto le mura di Vercelli. E allora, con nuovi grandi lavori, il Cervo fu portato a sfociare nella Sesia, presso Quinto, dove sbocca ancor ora, sette chilometri circa a nord della città; nell’antico suo letto, assai ridotto, si raccolgono le acque di scolo e di alcuni canali, le quali formano l’odierno Cervetto.⁷

Dai vercellesi il Cervetto viene ricordato per essere stato a lungo il torrente delle lavandaie, a testimonianza del fatto che fosse un corso d’acqua molto usato e quindi vivo.

² Chicco G., *Le fortificazioni di Vercelli: studio storico con brevi cenni sugli assedi del 1617-1638-1704 e sui Governatori Conte Catalano Alfieri e Claudio Des Hays*, Gallardi, Vercelli, 1941

⁷ Faccio G.C., *Vecchia Vercelli: passeggiate storico – topografiche*, Gallardi, Vercelli, 1931

Si è verificato poi per lungo tempo un totale disinteresse per il torrente, eccezion fatta per i periodi di piena.¹⁰

F. 24 Le lavandaie al canale Cervetto



¹⁰ *Relazione di progetto di riqualificazione ambientale, studio Kipar*

F. 25 Le lavandaie al canale Cervetto



4. DALLE MURA AI VIALI ALBERATI

4.1 DA PORTA TORINO A VIA FRANCESCO BORGOGNA

La cerchia dei corsi alberati che si chiama comunemente giro dei viali è il perimetro della città alla fine del XII secolo che rimase immutato, o quasi, per oltre 700 anni; cioè dal 1170 (quando durante le guerre della Lega Lombarda contro Federico Barbarossa, il libero comune di Vercelli si chiuse in una cerchia di mura merlate e turre) fino alla fine del secolo XIX.

Una gran parte dell'area compresa tra le vecchie mura del "castrum romano" e il nuovo muro longobardo, passata al demanio regio, si chiamò per tutto il resto del Medio evo "Corte regia". Fuori di questa cinta erano rimasti il sepolcreto e la chiesa di S. Eusebio ed erano rimasti importanti sobborghi, alcuni di origine romana, altri che si sviluppano sotto il dominio dei vescovi conti, o più tardi, dopo il 1000.

Abbiamo già accennato al "Borgo" (la zona verso porta Milano); il sobborgo presso San Cristoforo si chiamava in "Albareto"; quello dietro intorno alla chiesa di San Salvatore si chiamava "Creatario" e quello dall'altra parte dell'odierno corso Libertà, "Bergonzesco"; mentre tra S.Eusebio e il muro longobardo era il "borgo Cigliano".

Il comune di Vercelli, affermatosi sul principio del secolo XII al decadere della potenza politica dei vescovi conti, chiuse questi sobborghi in una larga cerchia di mura merlate e turre quando, entrato nel 1168 nella lega formata dai Comuni lombardi contro Federico Barbarossa, sentì la necessità di provvedere alla propria difesa contro le forze imperiali. In questa cerchia di mura che seguiva pressappoco la linea interna dell'odierno giro dei viali, si aprivano nove porte: 1. la porta di strada alla fine di corso Libertà e porta Torino; 2. La porta Santina allo sbocco di via Marsala; 3. La porta Serot al principio di piazza Roma; 4. La porta Aralda agli inizi di via Duomo; 5. La porta Nuova allo sbocco di via Card. Filippa di Martiniana; 6. La porta Picta alla fine di via Gioberti; 7. La porta del Servo o del Cervo a porta Milano; 8. La porta di Santo Stefano poco oltre il termine di via felice Monaco; 9. La porta Albera oltre il termine di via S. Cristoforo in piazza Camana, già Conte di Torino, o piazza d'armi.

La costruzione di queste mura richiese molti anni perché i documenti vercellesi vi accennano tra il 1170 e il 1194; ma in compenso esse durarono per oltre 600 anni, nel corso dei quali subirono parecchie trasformazioni.

Verso il 1290 Matteo Visconti, eletto dai ghibellini capitano generale della città, eresse presso il fronte orientale di esse, nel luogo ove era stato il palazzo dei duchi longobardi, un castello, che diventò poi il castello sabauda.

Diventati i Visconti signori di Vercelli (1335), Galeazzo Visconti nel 1378 rafforzò la cerchia fortificata costruendovi, a porta Casale, la cittadella, che incluse la chiesa e il convento benedettino di S. Stefano, e annullò la porta di S. Stefano.

Passata la città alla Casa di Savoia (1427), a poco a poco i progressi delle armi da fuoco resero necessarie delle essenziali modificazioni nella difesa delle piazzeforti. Carlo Emanuele I, fra il 1605 e il 1610, fece rinforzare le antiche mura turrette con alcuni bastioni e altre opere avanzate. Tutte le antiche porte furono chiuse; non ne rimasero più che due: porta Milano e porta Torino.

In questi lavori l'architetto Ascanio Vittozzi deviò il corso del Cervo che scorreva minaccioso, tra l'odierna stazione ferroviaria e porta Milano, a poca distanza dalle mura, e spesso le metteva in pericolo o le danneggiava con le sue piene improvvise, il Vittozzi lo portò a sfociare nella Sesia circa sei chilometri più a monte, presso Quinto. Il colatore Cervetto è l'ultimo resto del corso inferiore del Cervo.

Le vecchie mura così rinforzate sostennero i duri assedi del 1617 e del 1638: in seguito a quest'ultimo gli Spagnoli si impadronirono della città e la tennero sotto il loro duro dominio per 21 anni. Ma non appena nel 1659, per effetto della pace dei Pirenei, Vercelli ritornò ai duchi di Savoia, Carlo Emanuele II pensò tosto a rendere fortissima la città, che costituiva una delle principali vie d'accesso ai suoi stati, perché la Sesia segnava il confine tra lo stato di Milano e i domini Sabaudi.

Ricostruì la cittadella e, pur mantenendo le antiche mura comunali, gittò loro intorno una fascia di fortificazioni larga in media 150 metri, costituita da, come abbiamo già detto, 14 bastioni, 11 rivellini, fossi, scarpe, controscarpe, spalti e strade coperte che fecero di Vercelli una delle più munite piazzeforti del Piemonte.

Questi grandi lavori, progettati dagli ingegneri Beretta, Borgonio e Andrea Valperga, durarono dal 1665 al 1672 e furono approvati dal Vauban, il famoso ingegnere di Luigi XIV; ma le fortificazioni ebbero breve vita: poco più di 30 anni.

Durante la guerra per la successione di Spagna i francesi posero l'assedio a Vercelli il 5 giugno 1704 e la presero, dopo 46 giorni di bombardamento, il 21 luglio. Il duca di Vendôme (comandante francese) ordinò la demolizione di tutte le opere di difesa, che furono perciò fatte saltare a colpi di mina. E non furono più ricostruite, perché i successivi avvenimenti politici del secolo XVIII diminuirono l'importanza strategica della località.

La fine della guerra per la successione di Polonia tolse a Vercelli il suo compito, onorifico ma pericoloso, di fortezza di confine, perché, colla annessione del distretto di Novara ai domini Sabaudi, non la Sesia ma il Ticino segnò il confine tra il Piemonte e la Lombardia. È appunto la cerchia delle vecchie mura comunali, trasformata nel secolo XVII in un complesso sistema di fortificazioni, e, dopo la distruzione di queste, sostituiva in varie riprese dalla cerchia si corsi alberati: quella che noi percorreremo partendo da porta Torino e incamminandoci verso la stazione.

Il primo tratto comprende l'odierno corso Garibaldi e i viali sino alla piazza del Duomo.

F. 26 Il viale Garibaldi prima dell'abbattimento delle vecchie piante. 1946



La cerchia di mura erette dal Comune nell'ultimo trentennio del secolo XII correva qui, come già dicemmo, press'a poco dove sono ora le facciate delle case a levante del corso stesso, dall'angolo del caffè Principe all'angolo dell'ex ospedale in piazza Roma.

F. 27 Inizio di corso Carlo Alberto (ora corso Libertà) da Porta Torino. 1870



Allo sbocco del corso Libertà si apriva la porta di Strada. Non creda però il lettore che da questa porta si entrasse in città per una via larga e spaziosa come quella che vediamo ora. C'era invece una stradetta modesta e un po' tortuosa. Solo nel 1843-44 fu costruito il rettilineo di porta Torino, arretrando le facciate di tutte le case, da via Quintino Sella all'angolo di via XX settembre da una parte e dal vicolo di S. Salvatore al viale Garibaldi dall'altra. Il vicolo di San Salvatore si apriva proprio davanti alla chiesa. Vi ebbero sede per più di un secolo, tra l'800 e il '900, i laboratori della argenteria Sambonet. Fu sostituito, dopo il 1961, dalla larga strada che mette in comunicazione il corso con via Luciano Manara.

E il Molinasso, che dal 1586, quando era stato costruito il roggione di Vercelli, aveva sempre lasciato correre le sue acque alla luce del sole, fu anche coperto nel 1844 per il tratto lungo la strada maestra, dal suo entrare in città sino al risvolto verso il molino di S. Spirito, che era ove è ora la sede della Stipel in via Dante Alighieri.

La fortificazione di una città nel XII secolo, quando fu costruita Vercelli la cerchia comunale, consisteva in un alto muro merlato del quale sporgevano, a intervalli più o meno regolari, delle torri quadrate; nell'interno di esse, delle scale di legno a vari ripiani,

conducevano sino alla altezza delle mura e davano accesso alla strada o cammino di ronda che era una specie di ballatoio interno, sostenuto da mensole di legno o di pietra, sul quale si distendevano, in caso di assalto nemico, i difensori della città, al riparo dai colpi dietro i merli.

Due torri fiancheggiavano ogni porta: da esse, varcato sul ponte levatoio il largo fosso che circondava tutta la cerchia murata e attraversata un'altra opera fortificata che ne difendeva l'ingresso, si usciva alla campagna. Questa doveva, per uno spazio determinato, essere nuda di piante e di costruzioni, acciocchè eventuali assalitori non potessero accostarsi alle mura nascondendosi agli occhi della scorte che vigilavano sulle torri.

La vecchia porta di Strada, così chiamata perché ne partiva la strada principale, lastricata, verso le altre terre del Piemonte, e il nome è vivo anche oggi nel borgo detto Cascine di Strada, venne abbellita sul finire del secolo XVI. Il duca Carlo Emanuele I considerando che la portata d'acqua della Vercellina non era più sufficiente alla pulizia della città e a riempire i fossati, nel 1586 aveva concesso alla città di Vercelli di costruire un canale che, partendo dal Cervo presso Quinto, portasse l'acqua del fiume sino alla porta di Strada e di qui, entrato in città, si versasse nel Molinasso.

E siccome era necessario aprire un varco alla nuova acqua nelle vecchie mura, presso la porta di Strada, la città, per esprimere la sua riconoscenza al duca, che aveva promesso una visita, deliberò di sostituire il semplice arco di mattoni della vecchia porta con una costruzione in pietra e marmi.

[...] era una costruzione a due piani: la porta, con arco a tutto sesto in pietra viva, era fiancheggiata da due colonne per parte, sorgenti da alti piedistalli e sormontate da una imponente trabeazione; su questa si alzava il secondo piano più basso, in cui quattro colonne minori continuavano un vasto specchio, al centro del quale due leoni rampanti sostenevano un grande marmoreo stemma della città. Un alto cornicione sormontato da una balaustra rinascimentale coronava l'edificio.

F. 28 Porta di Strada, detta Porta di Torino. 1585-1588



Questa porta rimase immutata nelle grandi opere di fortificazione di Carlo Emanuele II, per le quali, tra il bastione di Santa Maria e il bastione di San Vittore avanti porta di Strada, fu costruito un vasto rivellino che occupava gran parte della odierna piazza Torino.

Le fortificazioni di Vercelli furono distrutte dai francesi dopo l'assedio del 1704 come già si disse.

Ma l'antica porta di Strada, detta ormai porta Torino, sopravvisse ancora quarant'anni.

[...] come già si disse le mura comunali, andando verso il Duomo, avevano l'andamento rettilineo delle odierne case del lato orientale di Corso Garibaldi [...].

Questa antica cinta comunale fu rinforzata sul principio del secolo XVII da alcune opere accessorie [...].

Le grandi opere di fortificazione, ordinate da Carlo Emanuele II quando riebbe la città, non mutarono in questo tratto il sistema difensivo, pure ingrandendolo.

Sono queste le fortificazioni che, nel 1704 [...], furono distrutte dai francesi a colpi di mina.

[...] queste rovine servirono per quasi un secolo come immensa riserva di materiali da costruzione e che, o per gratuita concessione del Re, o acquistandoli dallo Stato, se ne trassero mattoni per la maggior parte delle grandi costruzioni che sorsero a Vercelli nel secolo XVIII.

La sistemazione di queste rovine non cominciò che nel 1744 quando, demolita [...] la superstite porta di Strada, si iniziava lo spianamento del suo rivellino non solo, ma spianato lo spalto tra i bastioni di San Giovanni Battista, si impiantava il primo viale, che fu poi detto allea d'estate, quasi in aperta campagna, e si costruiva il ponte per accedervi [...] oggi è corso San Martino.

Ma i grandi lavori di sistemazione non cominciarono che qualche anno dopo. Nel 1760 la città di Vercelli, il vescovo e il capitolo del Duomo, i canonici di Sant'Andrea e i regolatori dell'ospedale maggiore si accordarono tra di loro e stesero una supplica al Re di Sardegna perché cedesse alla città una parte dell'area occupata dalle antiche fortificazioni; i quattro Enti si sarebbero ripartita la spesa della sistemazione di essa a pubblico passeggio.

Carlo Emanuele III, dato che il suo architetto, il conte Benedetto Alfieri, veniva spesso a Vercelli, [...] gli affidò l'incarico della cosa. L'Alfieri, allestì un vasto e accuratissimo progetto che comprendeva [...] la formazione di un grande viale rettilineo da porta Torino all'ex bastione di S. Andrea, di un altro viale uguale di qui al Duomo, e la creazione di una grande piazza rettangolare, alberate, avanti alla cattedrale. I viali erano a due file di piante, fiancheggiati da grandi tappeti verdi, interrotti da tre piazzali semicircolari circondati da alberi, nei luoghi ove sorgevano i bastioni di Santa Maria, di San Pietro e di Sant'Andrea.

Da qui nacque corso Garibaldi.

Lo spianamento da porta Torino a piazza Roma non fu compiuto che nel 1780; nel 1780 si piantarono gli olmi; [...] il viale si chiamò allea d'inverno (in contrapposizione al viale oggi corso San Martino alle d'estate). Questi olmi, [...] furono abbattuti nel 1946 e sostituiti con olmi siberiani.

Sta di fatto che già nel 1781, effettuato lo spianamento si incominciò a mettere a dimora i primi alberi per i viali che dovevano, con gli anni, circondare tutta la città sul luogo della

cinta murata. Ogni viale ebbe il suo nome, ma per i nostri vecchi essi erano sempre i bastioni lungo i quali sciorinavano la loro biancheria [...].

Il gran viale invidiatoci da molte città, venne abbattuto nel 1946. Era vecchio di 165 anni, vecchio e cadente.

4.2 DALLA CANONICA A PORTA MILANO

[...] il viale corso Regina Margherita, dalla canonica alla porta di Milano venne formato invece nel 1810 nella stessa posizione dell'attuale fino al castello: qui poi costeggiava il medesimo e passando dietro alla casa Vallia si dirigeva a Porta Milano rasentando in tutta la sua lunghezza l'antica Caserma detta degli spagnuoli, di San Giuseppe. Allo sbocco sul corso poi, dove la mole della Porta Antica era stata abbattuta nel 1806-07. Di questo antico viale però non rimane più nulla: il tratto da casa Vallia fino a Porta Milano fu abbattuto nel 1859; un altro tratto fronteggiante il Castello fu demolito nel 1890-91 ed intanto, prima della costruzione della nuova caserma Umberto I (ora Garrone), avvenuta nel 1889-90, si provvide nel 1882 ad impiantare un nuovo viale che è precisamente l'attuale corso Italia, fino a raccordarlo alla parte antica nei pressi del Castello alla Canonica, formato dai colossali platani altissimi, fu abbattuto nel 1905 e sostituito dall'attuale viale di ippocastani.

Il viale di corso Palestro, l'ultimo formato, in ordine cronologico, fu impiantato negli anni 1861-62, anche questo con platani, che andava a raccordarsi con Rondò di Porta Casale, l'attuale piazza Solferino, del quale rimangono pochi alberi dietro al casotto dell'ex-Dazio.²

Durante i lavori compiuti nell'anni 1923 per l'abbassamento del piano stradale e la sistemazione di via Gersenio ritornarono alla luce i resti delle mura costrutte dal Comune sul finire del secolo XII. Queste mura dal centro della piazza del Duomo giungevano sino a una torre al principio del cortile della canonica; di qui formando un angolo molto ottuso attraversata diagonalmente via Gersenio proseguivano in corso Italia, un po' più in dentro

² Chicco G., *Le fortificazioni di Vercelli: studio storico con brevi cenni sugli assedi del 1617-1638-1704 e sui Governatori Conte Catalano Alfieri e Claudio Des Hays*, Gallardi, Vercelli, 1941

che i muri dei giardini all'arcivescovado e di casa Mella, sino allo sbocco di "brutto fondo" (via card. Martiniana).

Qui si apriva una porta, detta porta Nuova. Al di là della porta e della strada, il muro, alquanto arretrato sul filo delle odierne case, andava ad attaccarsi alla torre più settentrionale del castello su corso Italia. Questa e la successiva torre verso sud, sono l'ultimo venerando avanzo delle mura comunali, costruite alla fine del secolo XII durante le guerre tra la Lega Lombarda e Federico Barbarossa.

I Francesi, presa la città nel 1704, distrutta la cinta bastionata, il tratto fra il Duomo e porta Milano rimase quasi abbandonato, coi cumuli delle sue rovine, per tutto il secolo XVIII. Solo nel 1803, come già abbiamo detto, il Comune faceva allestire dall'architetto Pietro Martorelli un progetto di sistemazione; ma esso non fu eseguito, livellando i terreni e piantati i viali, che negli anni 1810-1814 dal capomastro Francesco Larghi. Il viale andava dalla canonica a porta Milano, dove, nel 1806-07, il capomastro Giuseppe Perucchetti aveva abbattuto l'arsenale e sul terrapieno del bastione si era formato un rondò a doppia fila di piante.

F. 29 corso Italia. Si demolisce il viale dei platani. Sulla destra il castello



Il viale era originariamente di platani che, non rinnovati per quasi 100 anni tra la canonica e il castello, avevano assunto misure enormi per altezza e diametro. Il viale poco illuminato era generalmente chiamato “viale dei sospiri” perché propizio alle passeggiate serali di Coppiette amorose.

Nel 1905 un furioso temporale rovesciò parecchi di quei platani colossali, e allora il Comune fece abbattere anche gli altri e li sostituì con gli odierni ippocastani, come si era fatto prima per il resto del viale. Infatti nel 1889-90 fu costruita la nuova caserma di fanteria; ma la necessità di un vasto cortile costrinse la città, prima ancora che cominciassero le trattative con l'autorità militare, a rettificare l'andamento del viale dal castello a porta Milano, spostando in fuori verso il Cervetto di tutta la lunghezza del futuro cortile. Il corso aveva cioè assunto l'aspetto odierno.

Nel 1891, a seguito della demolizione dell'ingresso della vecchia caserma verso piazza Milano, in suo luogo venne costruita dal genio militare l'odierna caserma che prese il nome di caserma “Umberto I”. In essa vennero alloggiati il comando del reggimento e un battaglione; mentre nel vecchio fabbricato, che costeggiava, come già detto, l'attuale via Gattinara di Zubiena, era accasermato un secondo battaglione. L'inaugurazione avvenne nel 1891.

Detta sistemazione della caserma durò fino al 1936, epoca in cui venne demolito il vecchio fabbricato, costeggiante via Zubiena, che fu sostituito da baraccamenti in legno, per alloggiare il secondo battaglione; poi anche questi baraccamenti vennero demoliti nel 1942. La caserma rimase così come è attualmente, con il solo fabbricato antistante la piazza Milano.

Nel 1945, infine, la caserma mutò il nome in caserma “F.lli Garrone”: caduti vercellesi medaglie d'oro al valor militare della guerra 1915-18.

Ma al si la del viale non c'era una casa. Una ripida scarpata discendeva dal viale degli antichi fossati ridotti a prato. Nell'inverno i prati allagati si trasformavano nelle cosiddette ghiacciaie, affidate ai macellai della città, i quali vi raccoglievano il ghiaccio e lo portavano a conservarsi per l'estate nei loro frigoriferi, cioè nelle cantine di palazzo Pasta [...].

Le costruzioni che, a poco a poco, a partire dal 1908, occuparono tutta la “bassa”, specialmente tra la prima e la seconda guerra mondiale, mutarono completamente l'aspetto della zona. Vediamone le principali.

F. 30 siesta nei viali fra Porta Milano e corso Palestro



4.3 I PONTI

Tra la porta Picta (in fondo a via Gioberti) e la porta del Cervo (in piazza Milano) il muro del comune era doppio. Il muro più esterno era stato costruito più tardi, quasi certamente a difesa del primo contro il Cervo.

Quando, dopo l'assedio del 1638, gli Spagnoli conquistarono la città, su questi due muri paralleli, anche se non rettilinei, costruirono una caserma per acquartierarvi le loro truppe, e si chiamò infatti "caserma degli Spagnoli". Con il ritorno ai Savoia fu demolita dall'autorità militare nel 1933.

La porta del Cervo era stata sin dalle sue origini nel XII secolo una delle più importanti della città. Perciò alle due torri che la fiancheggiavano si era aggiunto addirittura un castello di qualche importanza, che i documenti ricordano più volte.

Per quanto si può desumere dai documenti, il primo ponte sul Cervo, naturalmente di legno, fu costruito nel secolo XII.

Quando (1605) fu deviato il fiume e nell'ultima parte del suo letto corsero le acque di vari scolatori che presero il nome di Cervetto, lo si sorpassava con un ponte di legno.

Ma anche sul Cervetto i ponti duravano poco.

4.4 I SOBBORGHII

I sobborghi sono nati con la demolizione delle mura che cingevano la città. Non che oltre di esse vi fosse il deserto. Vi era qualche sparso cascinale, qualche convento, vi erano ospedali.

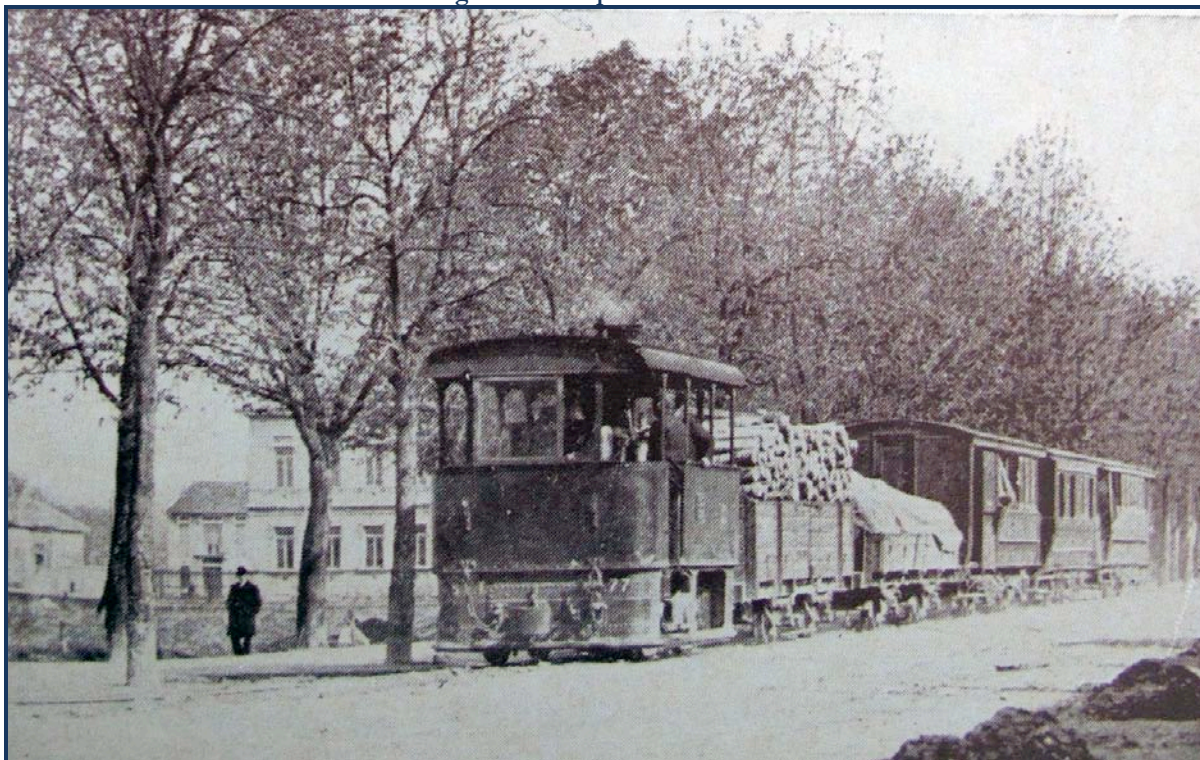
Spianate le fortificazioni dopo l'ultimo assedio, sono nati i sobborghi con le prime case che non si appoggiavano più l'una all'altra; ma libere, rimanevano da ogni parte [...] nuove strade la legarono al cuore della città, gli operai la popolarono, vennero i primi opifici, la ferrovia, il tramwai, i mercati.

L'usina del gas innalzò la prima ciminiera a Porta Milano, Luigi Rossa ne alzò un'altra all'Isola, altre ciminiere sorsero al Belvedere, al "Fabbricone" e così, poco a poco, sono nati e cresciuti i sobborghi di porta Milano, quello della Bellaria, quello di porta Torino, quello del Belvedere, quello dell'Isola.

[...] fino ad una sessantina di anni fa, [...] erano ancora ben distinti l'un l'altro negli usi, nei costumi e perfino nelle inflessioni dialettali. In questi ultimi decenni, specie dopo la prima guerra mondiale, quasi in sordina attorno al loro vecchio nucleo sono nati nuovi quartieri, nuove zone residenziali, minuscole cittadine satelliti del vecchio nucleo urbano.

La fisiologia dei rioni si può dire abbia subito un rivoluzionamento radicale. I simboli dei quartieri, un tempo periferici come gli edifici della pesa pubblica e del dazio di porta Milano, porta Torino, porta Casale e S. Andrea, sono scomparsi, stemperati nella toponomastica cittadina in una proliferazione urbanistica a macchia d'olio, [...] più disordinata.⁷

F. 31 il vecchio Tramvai in corso Italia già viale dei platani



⁷ Faccio G.C., *Vecchia Vercelli: passeggiate storico – topografiche*, Gallardi, Vercelli, 1931

5. LA VIA FRANCIGENA: CORSO LIBERTÀ

5.1 CENNI STORICI SULLA VIA FRANCIGENA

Intorno al terzo decennio del VII secolo, sospinti dall'avanzata persiana, ripararono in Italia quei preti orientali che già avevano svolto opera di apostolato al *limes* asiatico dell'impero. Col consenso più o meno coperto della monarchia Longobarda, essi furono inviati da Roma dell'Italia centrosettentrionale per ricondurre gli ariani all'ortodossia e per evangelizzare i superstiti pagani.

Se guardiamo la distribuzione spaziale delle testimonianze epigrafiche e culturali di questa attività missionaria, che si protrasse sino all'VIII secolo inoltrato, abbiamo un'attestazione, seppur indiretta, dell'esistenza di una direttrice viaria altomedievale per il collegamento di Roma col mondo oltrappenninico. [...] dimostra in maniera inequivocabile una penetrazione missionaria attestatasi lungo quello che sarà il percorso della cosiddetta "via di Monte Bardone", che più tardi assumerà il nome di "Francigena", oppure "Romea".

L'origine della strada è facilmente ricostruibile, per le necessità dei Longobardi di collegare il regno di Pavia con i loro ducati meridionali attraverso un corridoio interno, al sicuro da eventuali colpi di mano dei bizantini che, almeno inizialmente, avevano mantenuto il controllo del litorale toscano, delle coste liguri (la marittima), nonché della VI regio (l'Umbria) e degli sbocchi appenninici orientali.

La via per i Longobardi costituì soprattutto un sistema strategico che presupponeva la presenza di punti forti, con stanziamenti e guarigioni: era un territorio munito, dotato di una rete di fortificazioni.

Soltanto dopo che la Marittima e la Lunigiana furono saldamente in mano longobarda la via di Monte Bardone venne attrezzata mediante la creazione di una serie di "abbazie regie" e di ospizi, secondo un preciso programma che oltretutto servì anche a rafforzare il dispositivo di sicurezza.

Sostituitasi la dominazione Franca a quella Longobarda, la direttrice viaria che, per il passo di Monte Bardone, faceva capo a Pavia, assunse maggiore consistenza e dovette prendere l'aspetto di una strada di grande comunicazione, per quanto nell'alto medioevo

una via molto frequentata potesse differenziarsi da un tracciato di interesse locale. Per lo più in terra battuta, il fondo stradale veniva dotato di lastricatura solo in taluni punti [...]. La strada dei Longobardi divenne così strada dei Franchi, il che determinò la nascita dell'espressione "via Francigena", cioè, etimologicamente, "strada originata dalla Francia", termine geografico, quest'ultimo, che nella normale accezione medievale includeva, oltre all'odierna regione francese, anche l'antica Lotaringia, cioè l'asse renano sino ai Paesi Bassi.

Siamo nel IX secolo circa.

Nel quadro della fioritura della spiritualità che caratterizzò l'inizio del secondo millennio, assunse un notevole rilievo la pia pratica del pellegrinaggio, che coinvolse cristiani di ogni età e condizione sociale facendo avventurare schiere di pellegrini verso le grandi mete della Cristianità medievale: la Terrasanta, Roma e Santiago di Compostela.

Divenuta così punto d'incontro fra gli itinerari di tutte e tre le *pellegrinationes maiores*, a partire dal XII secolo la strada accrebbe incredibilmente la sua importanza, svolgendo un ruolo di primissimo piano in quello scambio di energie culturali la cui fusione portò alla sostanziale unità della cultura europea del Medioevo.

La grande fioritura dei traffici commerciali del XIII secolo in una certa misura decretò la fine della via Francigena, che nel corso del secolo si trovò ad affrontare la concorrenza di tutta una serie di itinerari alternativi che alla fine si sostituirono, almeno in parte, al suo tracciato, nel quadro di un orientamento della rete viaria su nuovi centri focali.¹¹

Il corso oggi chiamato "Libertà" deve le sue origini proprio alla via francigena.

Era proprio per questa strada che ogni giorno i pellegrini si dirigevano verso la chiesa di San Giuliano per spogliarsi delle loro vesti e per poi dirigersi verso Sant'Andrea.

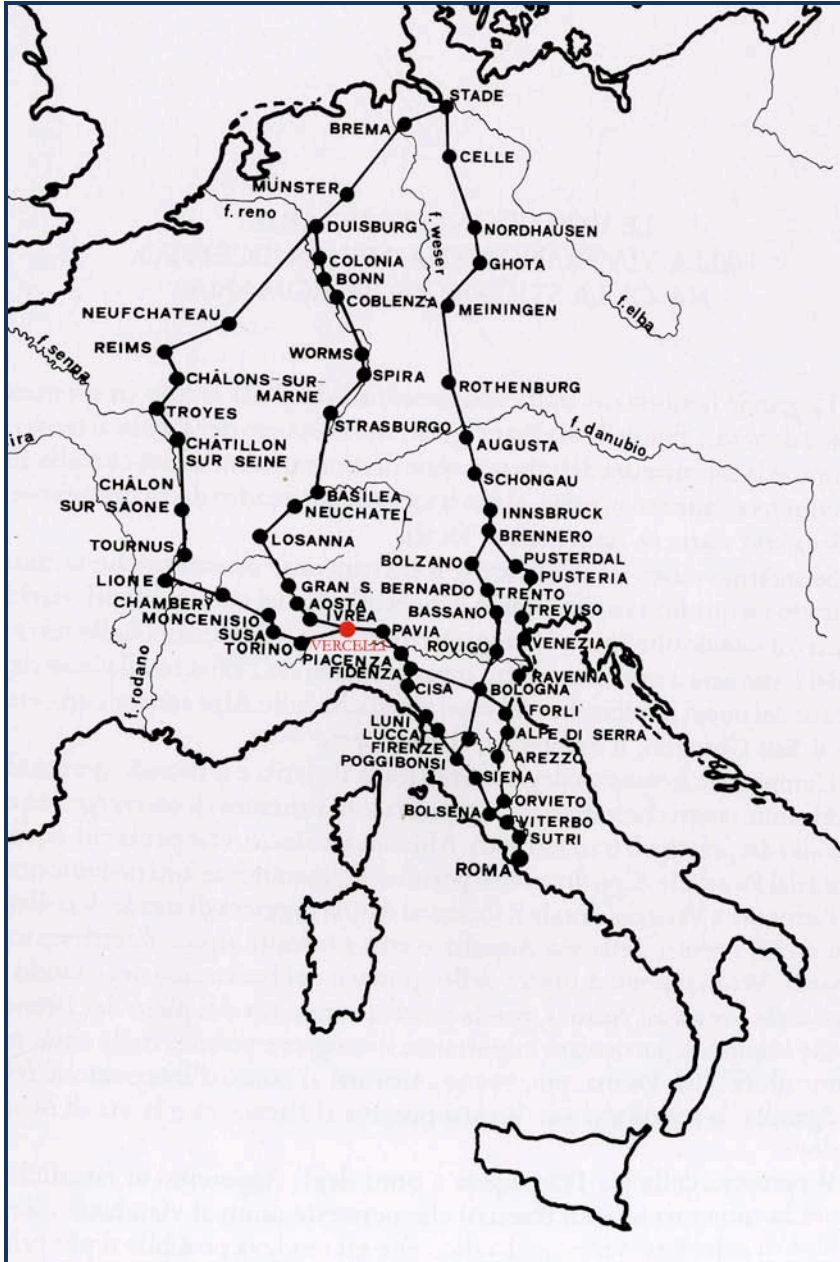
Tappa obbligata della via francigena, corso Libertà diventa negli anni un luogo di notevole importanza per gli scambi commerciali. Vi erano, infatti, poste, locande e luoghi di sosta per i pellegrini e i commercianti.

In particolare la zona detta del "Borgo" diventa il vero e proprio polo di commercio, che perde però d'importanza con il declino della via francigena e del ruolo di fulcro che la città di Vercelli aveva in quegli anni.

¹¹ Corbellini G., Grazioli L., *La via Francigena : 1800 chilometri a piedi da Canterbury a Roma sulle orme degli antichi pellegrini*, Mondadori, Milano, 1996

Esso si chiamò nei secoli in diversi modi: corso di Strada, per circa metà e corso di Borgo per l'altra metà, poi contrada Maestra, in seguito corso di Porta Torino e corso di Porta Milano, nel 1851 corso Carlo Alberto, nel 1946 corso Repubblica e infine corso Libertà.

F. 32 le vie per Roma nell'Europa del XIII secolo



5.2 CORSO LIBERTÀ

Il corso Carlo Alberto (oggi Libertà)

Quello che si chiama ora corso Carlo Alberto ebbe nel Medio Evo due nomi: da piazza Torino sino nei pressi di piazza Cavour si chiamò “Strata”; dalla piazzetta di Rialto a porta Milano, “Borgo”; più tardi si usarono i nomi Corso di Strada e Corso di Borgo; nei secoli XVII e XVIII le due parti insieme furono dette Contrada Maestra; verso la fine del ‘700 e per gran parte dell’800: Corso di Porta Torino e Corso di Porta Milano. Negli anni 1843-44 si fecero molti lavori per ampliarlo ed abbellirlo; nel 1852 ebbe il nome che ancora conserva e si chiamò Corso Carlo Alberto (oggi corso Libertà).

Abbattuta, come dicemmo, l’ultima e fortissima cerchia di mura (nella quale porta di Strada era stata spostata alquanto verso settentrione secondo le norme dell’arte della fortificazione nel secolo XVII) il corso di Porta Torino venne a sboccare di nuovo direttamente verso la compagna, in quel vasto piazzale di cui abbiamo parlato, destinato a vari usi. In esso, per esempio, nel 1828, quando Re Carlo Felice passò per Vercelli per recarsi all’isola Bella sul lago Maggiore per un breve soggiorno, furono eretti una artistica tenda e un arco di trionfo.

Entriamo ora nel corso. A sinistra, nel luogo occupato dalla casa ove è il Bar Principe, era, nel secolo XVIII, una baracca per i soldati della tratta, o di passaggio.

[...] nei secoli passati il Corso Carlo Alberto era percorso in tutta la sua lunghezza da un canale sul tipo di cui la odierna via Garibaldi di Torino ebbe il nome di via Dora grossa.

Nel Medio Evo più remoto portava l’acqua in città il rivo Vercellina, il più antico dei nostri canali, probabilmente di costruzione romana, il quale, staccandosi dall’Elvo sotto Sassuola, entrava in città attraversando il sobborgo che era dove sorsero poi i fabbricati dell’Ospedale Maggiore. Costruita sul finire del secolo XII la cerchia di mura che comprese tutti i sobborghi, si sentì la necessità di poter l’acqua anche in quella parte della città che ne era priva, specialmente in quello che è ora il Corso Carlo Alberto; e nel maggio del 1191 gli abitanti delle parrocchie la cui giurisdizione comprendeva il Corso si rivolsero ai sapienti del Comune chiedendo fosse loro concesso di portar l’acqua della Vercellina per il Borgo e altre parti della città. Ottenuta la concessione, fu costruito un canale che staccandosi dalla Vercellina presso l’Ospedale correva lungo le mura, nell’interno della città, dall’Ospedale sino alla porta di Strada e percorreva poi tutto il

Corso, da porta Torino a porta Milano. E non doveva essere un rigagnolo perché aveva un letto così largo che, quando era asciutto, vi si poteva passare un carro di fieno.

Quando nel 1586 fu costruito il roggione di Vercelli che portò acqua abbondante alla città, e nel secolo successivo i Duchi di Savoia fecero grandi lavori di fortificazione cui abbiamo accennato, furono colmati tutti i vecchi canali interni derivati dalla Vercellina. Ma il nuovo canale proveniente da porta Torino, attraversando il Corso prima del salto del mulino di Santo Spirito, cedeva una parte della sua acqua al fosso che percorreva tutto il Corso e serviva per la pulizia di esso. Il canale non era più certamente largo come l'antico: doveva essere molto simile e quel fossetto che percorre ancora la via principale di Aosta. Giunto a porta Milano, l'acqua era inghiottita da una bocca di lupo di cui parleremo quando la nostra passeggiata storica avrà condotto anche noi alla fine del Corso.

[...] Dopo l'incontro di via Cavour, ancora nella prima metà del secolo XIX, il Corso Carlo Alberto subiva una notevole strozzatura. Un gruppo compatto di case disuguali, che si estendeva, a destra, tra il vicolo del Mercato dei cereali e Rialto, ostruiva quasi metà del Corso. [...] l'antico convento dei Domenicani (soppresso nel 1802) diventò la sede del Municipio e la parrocchia di essa furono adoperati dal Conte Benedetto Alfieri, verso il 1760, nella costruzione dell'atrio del Duomo. Appartennero certamente alla porta Milano le quattro colonne che fiancheggiano le entrate laterali dell'atrio stesso.

Diroccati i bastioni, abbattute le mura, rimasero dei terrapieni che si spianarono a poco a poco; la strada per Milano continuò però a uscire dove era l'antica porta. L'apertura di un nuovo tronco di strada, in prolungamento del Corso verso Milano, non avvenne che nel 1806-07; fu in quegli anni, per ciò, demolito [...] il vecchio castello della porta del Servo, che si chiamava a quei tempi "l'antico arsenale". Si costruiva allora dall'Impero Napoleonico il primo ponte sul Sesia, di legno, un po' a monte dell'odierno ponte ferroviario. Di legno era anche il ponte sul Cervetto.

Porta Milano rimase così per quasi tutto il secolo XIX, anche quando il ponte di legno del Cervetto fu sostituito da un ponte in cotto nel 1862, diciotto anni dopo che il vecchio ponte Napoleonico sulla Sesia era stato sostituito dal ponte odierno in muratura a 13 archi (1844). Quando, nel 1855, entrò in esercizio la ferrovia Torino-Novara, il ponte sulla Sesia fu diviso in due da un'altra lamiera di ferro; la metà a monte serviva per il binario della ferrovia, la metà valle per i carri e i pedoni. Ciò durò fino al 1898, quando la ferrovia, per

il raddoppiamento del binario Vercelli-Novara, occupò tutto il vecchio ponte, e furono costruiti il ponte nuovo e il nuovo tronco stradale verso Borgo Vercelli. Nel 1856 presso il Cervetto era stata impiantata da Francesco Badino l'officina del gas.

La sistemazione attuale di piazza Milano avvenne nel 1889-90 quando l'Amministrazione militare costruì la caserma Umberto I (oggi fratelli Garrone). Per far posto all'ala sinistra di questa, fu abbattuta la parte estrema dell'antica caserma di S. Giuseppe, che giungeva sino sulla piazza e nella quale s'apriva il portone d'ingresso. Per creare il vasto cortile della nuova caserma il viale, che dal castello degli Spagnoli, fu spostato sino a costituire l'odierno Corso regina Margherita (oggi corso Italia).

Sulla Piazza Milano, davanti alla nuova caserma, fu eretto il monumento a Eusebio Bava.

E poiché abbiamo così attraversato tutta Vercelli da Porta Torino a porta Milano, ricorderemo ancora che moltissime case lungo il Corso Carlo Alberto hanno solo due finestre. È tradizione infatti che una antica legge vietasse ai privati di aver case sul Corso con più di due aperture per piano.¹

F. 33 corso Libertà già corso Carlo Alberto

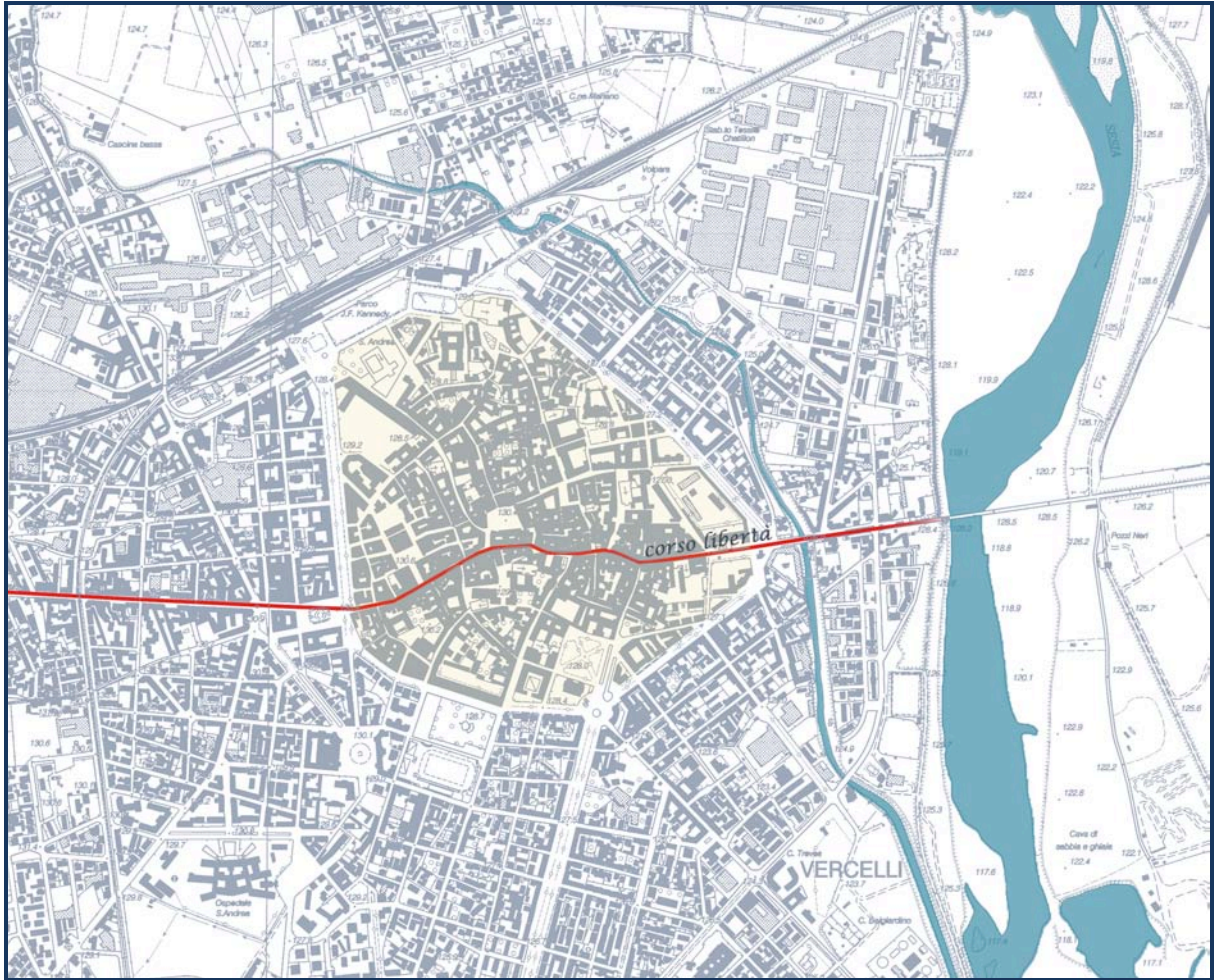


¹ Arnoldi D., *Vercelli vecchia e antica*, Gallardi, Vercelli, 1929

F. 34 corso Libertà. A destra la chiesa di S. Salvatore (1681)



F. 35 C.T.R. 2000 Piemonte. Città di Vercelli. In rosso corso Libertà, in giallo il centro storico; ad est il Sesia e poco più ad ovest il canale Cervetto, che attraversa corso Libertà



6. LA TIPOLOGIA DELLA CASA MERCANTILE

6.1 I TIPI EDILIZI. L'EDILIZIA DI BASE

i tipi edilizi di carattere aggregato costituiscono i tipi dell'edilizia di base.

Per edilizia di base si intende quella destinata alla residenza unifamiliare e plurifamiliare urbana nelle sue forme più semplici.

Le forme semplici dell'edilizia residenziale aggregata sono tre:

LA CASA A SCHIERA

Di tipo medioevale, con il fronte stretto di ridotte dimensioni, con una certa profondità e con un'area a cortile o ad orto retrostante e quindi con i due fianchi ciechi e la illuminazione dalla strada e dal retro.

Rappresenta un organismo residenziale ridotto alle sue dimensioni minime, dove il fronte verso la strada ha la larghezza di un solo vano a cui si accede direttamente dalla strada.

Esiste poi una piccola scala che consente di accedere ai piani superiori. I locali si sviluppano in profondità, uno dietro l'altro (per questo, forse, si chiamano a *schiera* perché le schiere, per lo meno quelle militari, comportano il fatto che ci sia un allineamento di un elemento dietro l'altro) e sono generalmente due: uno verso la strada ed uno verso il cortile e l'illuminazione avviene o dal fronte stradale o dal fronte posteriore verso l'orto o il piccolo giardino o il cortile.

Sono case normalmente monofamiliari; nel caso ospitino più di una famiglia, la scala diventa indipendente ed i piani superiori sono accessibili con un passaggio proprio.

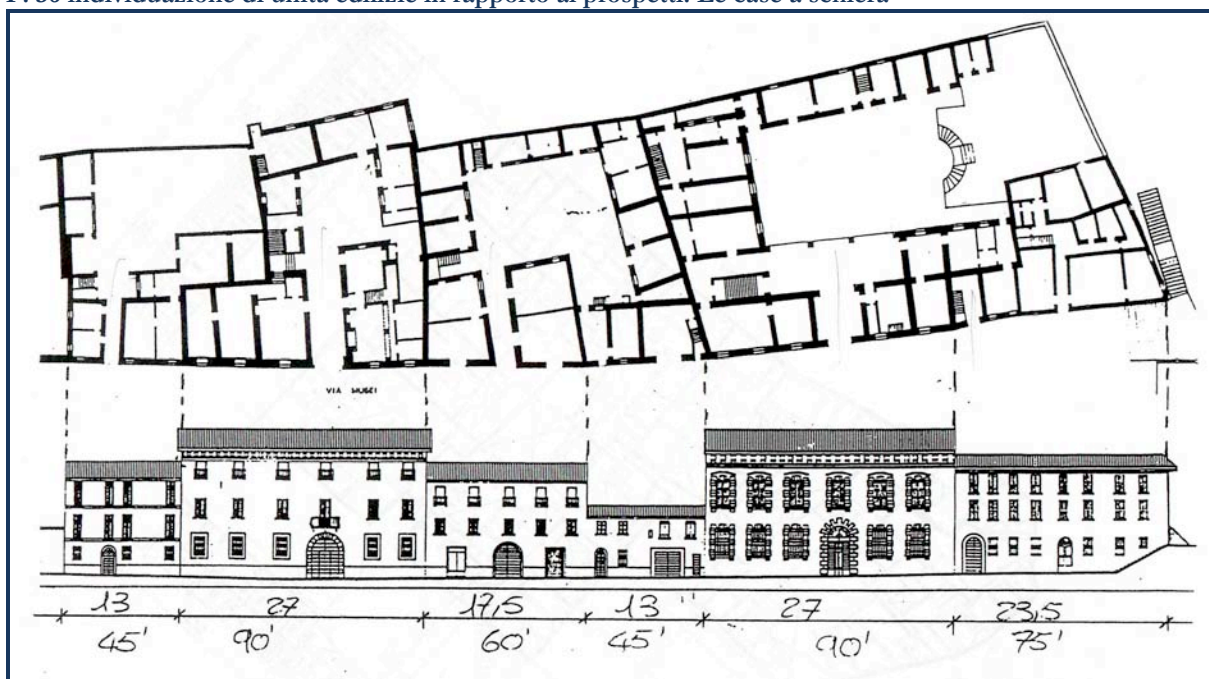
È una tipologia che si sviluppa in profondità realizzando lotti lunghi e stretti che caratterizzano in particolare i tessuti medioevali.

Queste case sono quindi riconoscibili perché hanno dei fronti molto stretti con una sola apertura, perché c'è solo un locale, con una sola finestra ai piani superiori, un solo ingresso oppure una porta di ingresso più una vetrina di fianco che è il risultato di una bottega, sopravvivenza della bottega unita all'abitazione dell'artigiano, ed in questo caso prendono il nome di *case bottega*.

Possono svilupparsi in altezza oltre che in profondità; presentano fronti con un ingresso e una sola apertura oppure due aperture, in qualche caso anche tre, ma sempre sulla dimensione di una stanza o una stanza più corridoio.

La casa a schiera, che è una tipologia storica fondamentale, ha caratterizzato e caratterizza tutte le città d'Europa del medioevo in poi, e non solo i quartieri popolari perché anche i quartieri più eleganti e signorili di Londra e di Bruxelles sono costituiti da questo tipo di case.

F. 36 individuazione di unità edilizie in rapporto ai prospetti. Le case a schiera



LA CASA IN LINEA

Si sviluppa su un fronte che in generale è un multiplo della dimensione delle case a schiera.

Sono caratterizzate dall'allineamento dei vani lungo la strada e lungo il retro e quindi prendono luce dal davanti o dal dietro, non dai fianchi (perché lungo questi continua la cortina edilizia), che sono quindi ciechi.

La casa in linea non ha un pozzo di luce interno e quando la profondità del corpo di fabbrica diventa eccessiva e la parte centrale non prende più luce o è scarsamente illuminata, viene creato un piccolo pozzo di luce, che non è un cortile, e che prende il nome di *cavedio*.

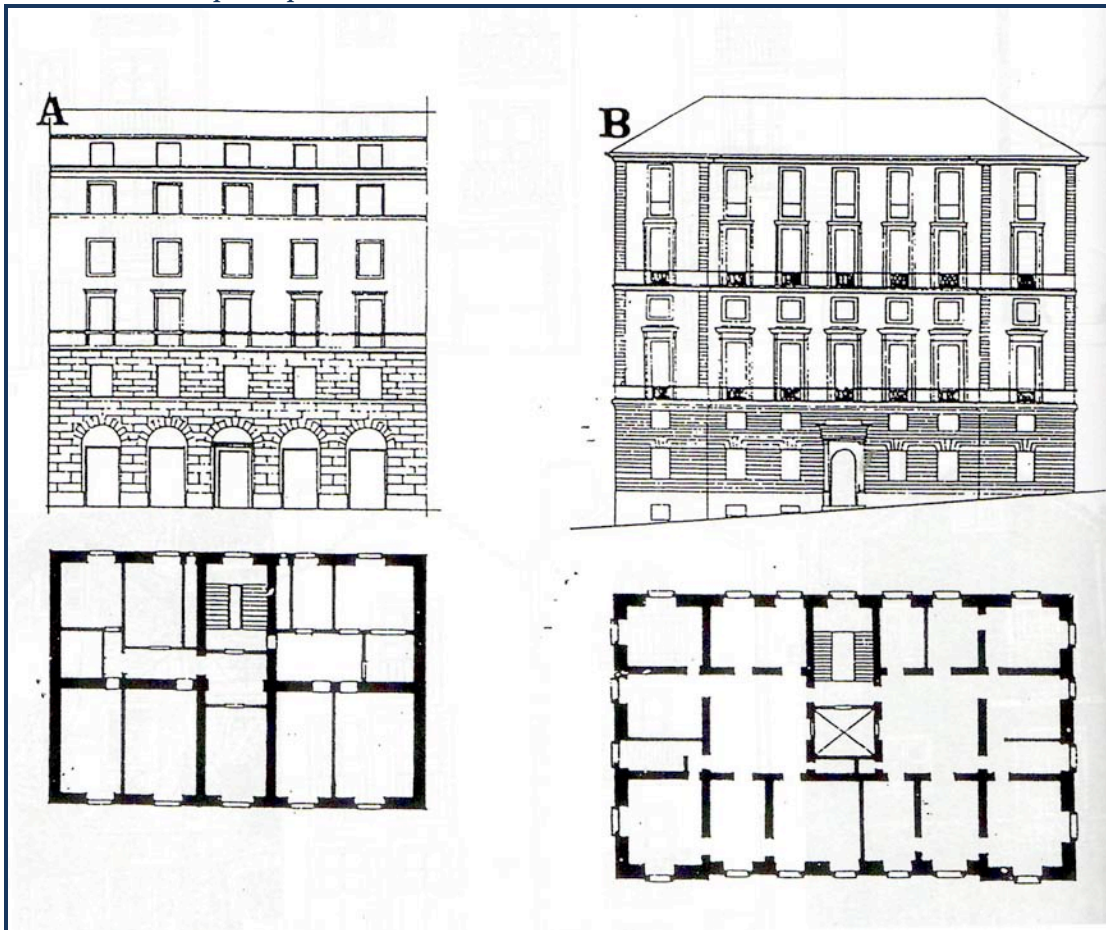
La casa in linea è organizzata secondo un asse di simmetria per cui le aperture sono in numero dispari per consentire la centralità dell'ingresso e di solito nel prospetto il piano terra è differenziato rispetto ai piani superiori (ad esempio con rivestimento a bugnato) per lo meno nelle versioni ottocentesche.

In certi casi il muro di spina, cioè la divisione centrale, che separa i vani frontali da quelli retrostanti, si sdoppia e si crea quindi un terzo corpo centrale per cui si dice che l'edificio è a corpo triplo e l'allargamento della parte centrale comporta la necessità di aprire un cavedio per illuminare l'area centrale che altrimenti risulterebbe buia.

La profondità ottimale di un edificio in linea a corpo doppio è di 10-11 metri.

Questa tipologia corrisponde generalmente alle case di affitto, mentre la tipologia del palazzo è (o era) una casa monofamiliare, dove abita (o abitava) solo il proprietario.

F. 37 classici esempi di tipi edilizia in linea ottocenteschi

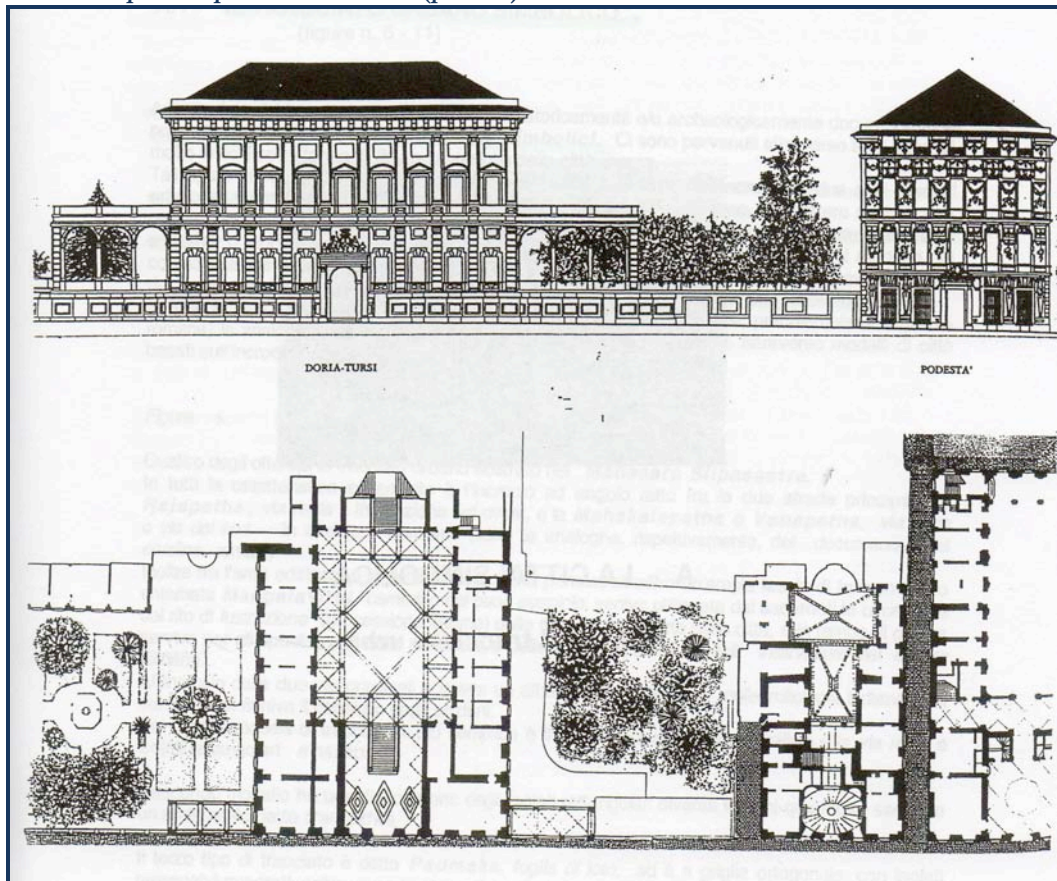


LA CASA A CORTE

Si sviluppa con un fronte principale a corpo doppio e due bracci secondari laterali a corpo semplice intorno ad una corte. Questo comporta due lati ciechi e l'illuminazione per quanto riguarda il fronte principale proviene dalla strada e dal cortile, per quanto riguarda i bracci laterali secondari solo dal cortile.

Quella che noi prendiamo in considerazione non la corte rurale, ma quella urbana che riguarda l'organismo del *palazzo* che ha un'area centrale in genere porticata su tre o quattro lati (il lato opposto all'ingresso, verso il giardino, può essere libero) e spesso sopra il porticato c'è un loggiato che serve da disimpegno, quando non c'è un corridoio interno. Possono esserci palazzi grandi e piccoli, ma sempre caratterizzati da un fronte ampio che comprende molte finestre (cinque, nove o anche più di nove) ma sempre in numero dispari perché l'ingresso così diventa centrale sull'asse di simmetria del fronte.¹²

F. 38 esempio di tipo edilizio a corte (palazzi)



¹² Politecnico di Milano, facoltà di architettura civile, corso di laurea in scienze dell'architettura, campus Bovisa, corso di analisi della città e del territorio (trascrizione delle lezioni del corso di Analisi della città e del territorio tenute dal Prof. Gian Piero Calza nell'anno accademico 2000-2001), Milano, 2005

6.2 TIPOLOGIA EDILIZIA DI PORTA MILANO: LA CASA MERCANTILE

La forma tipologica più diffusa a Porta Milano è la casa mercantile: un elemento di base che, tipizzato nelle sue caratteristiche ricorrenti e nella sua legge di accrescimento, costituisce la matrice fondamentale di un tessuto modulare.

Il tessuto edilizio si configura come insieme minuto ed irregolare stratificatosi in tempi successivi: un coacervo di nodi, di poli, di smagliature, di pozzi di luce, di emergenze storiche e monumentali, di particolari architettonici di primo piano, ma anche di escrescenze spontanee e di accenti vernacolari.

Un brano di città nel quale si legge, sulle originarie aste di transito romane, il disegno del borgo medievale consolidatosi nei secoli successivi fino al sei-settecento e su cui hanno agito gli interventi ottocenteschi.

Il borgo di Porta Milano, pur contaminato nelle destinazioni d'uso all'espansione della città all'intorno, conserva ancora le qualità ambientali del centro antico con le strade ed i vicoli per l'artigianato ed il commercio al minuto, gli slarghi per i giochi, le piazze.

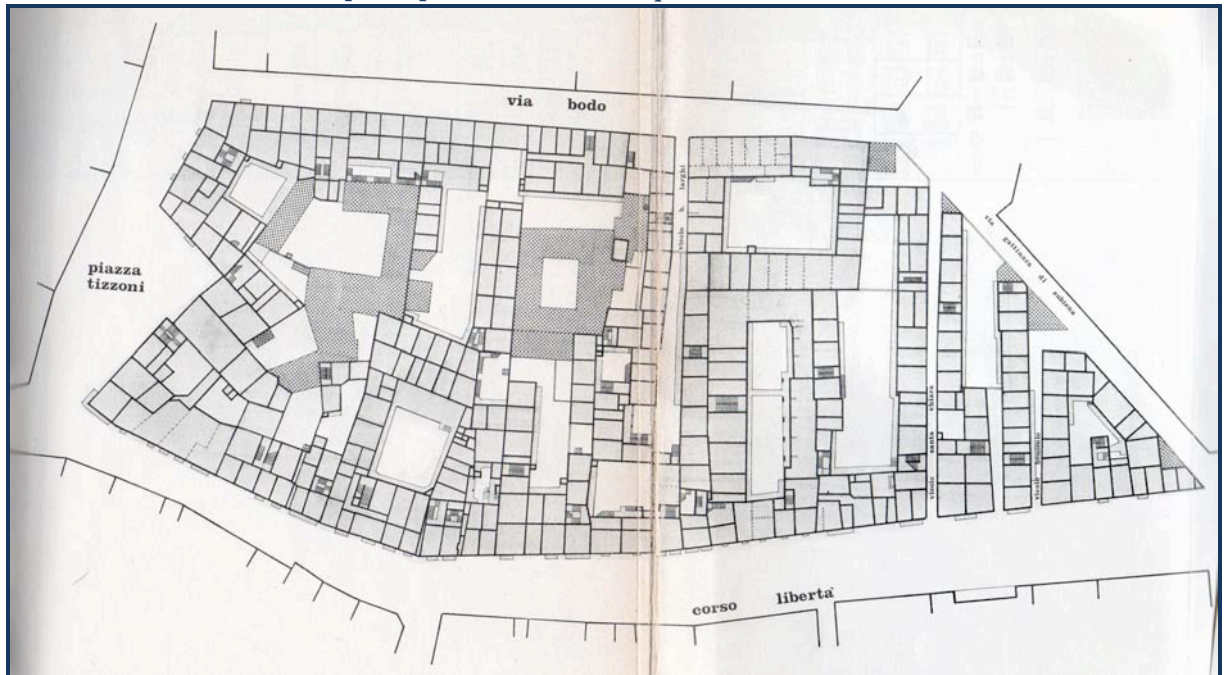
Il complesso è poi caratterizzato dalla presenza di alcune emergenze sia a livello dimensionale, sia architettonico che intervallano il tessuto minuto.

Se le prime hanno agito da strutture organizzatrici dell'intorno urbano, la tipologia residenziale di tipo mercantile ha costituito, secondo una legge di aggregazione ripetitiva, la struttura subordinata.

Accanto quindi ad esempi più complessi di organizzazione tipologica, espressivi della struttura politica e culturale che li ha generati, si nota una fitta suddivisione delle unità fondiarie a cui corrisponde un preciso assetto tipologico, modulare e ripetitivo, legato a fattori tecnologici, culturali e socio-politici.

Anche se l'andamento degli assi viari e la presenza di strutture dimensionalmente imponenti non ha permesso una scansione geometricamente regolare della proprietà fondiaria, pur tuttavia si può riconoscere una legge di frazionamento dei lotti secondo un modulo di affaccio sul corso Libertà variabile da m 6.00 a m 9.00.

F. 39 la trama dell'edificato al primo piano. Isolato nord, quartiere Porta Milano

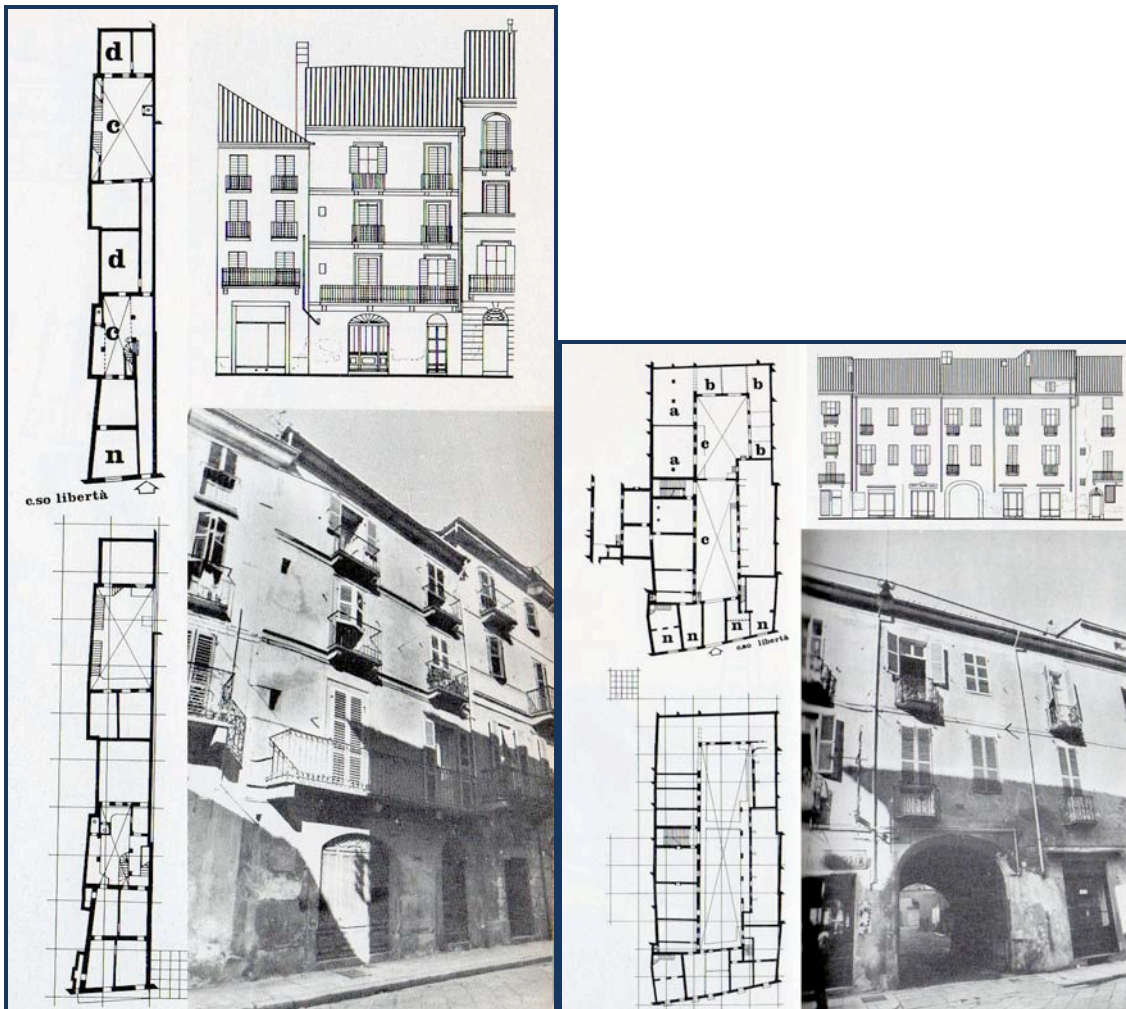


Da tale organizzazione nasce l'assetto tipologico prevalente di tipo mercantile con la cellula edilizia sviluppata in profondità e la sovrapposizione in verticale di spazi con destinazione funzionale composita.

Questa si è originariamente attestata, [...] su corso Libertà, quale asse viario fondamentale già in epoca romana.

La tessitura urbana medioevale caratterizzata da "lotti gotici" di limitato fronte sull'asse stradale principale e da sviluppo in profondità, per effetto anche di specifiche ordinanze amministrative legate a motivi di polizia risalenti al Cinque-seicento, ha portato ad una edificazione caratterizzata da un cospicuo numero di strutture a funzioni commerciale e abitativa strettamente collegate.

F. 40 restituzione massima dello stato attuale. Piano terra , piano tipo, prospetto, foto. Esempio di case mercantili su corso Libertà



Tale edificazione, contrassegnata dalla sviluppo in verticale delle funzioni, si configura secondo una gamma di soluzioni dimensionali diverse legate alle caratteristiche dei lotti.

Dalla dimensione minima dell'edificio di completamento in prossimità di strutture maggiori, privo di spazi aperti interni e ridotto alla pura sovrapposizione di un ambiente per piano, si passa alla soluzione di raddoppio della cellula base rispetto ad un corpo scala centrale e quindi, in tipi più evoluti e a grande profondità di lotto, al susseguirsi di diversi corpi di fabbrica separati da piccoli cortili.

In alcuni casi si assiste alla elaborazione ottocentesca di detti tipi, consistente nella loro aggregazione e trasformazione in un unico complesso con distribuzione verticale e orizzontale (unica scala e ballatoi continui).

La ricerca storica ha individuato l'origine dei tipi edilizi riconoscibili, l'epoca del loro formarsi, la loro evoluzione nel tempo.

Il più facilmente riconoscibile e il più diffuso tra questi, nel quartiere e nell'isolato, è quello della casa mercantile di origine medioevale costruita su lotti abbastanza profondi, ma di limitata fronte sulla strada, ristrutturata, se non ricostruita, nel periodo che va dagli ultimi anni del Settecento alla seconda metà dell'Ottocento.

In questo arco di tempo tutta la città fu pervasa da una notevole attività edilizia, tanche che molte case che erano ancora contrassegnate da elementi di architettura romanica o gotica cambiarono tipologia e assetto assumendo quello del momento. Questa mutazione di volto è riscontrabile dai progetti degli edifici esistenti e le nuove proposte; alla organicità asimmetrica del costruito di norma si contrapponeva un impianto simmetrico di prospetto.

Si deve a questo fervore di opere l'unificazione degli elementi dell'architettura in stretta relazione alle funzioni dell'edificato.

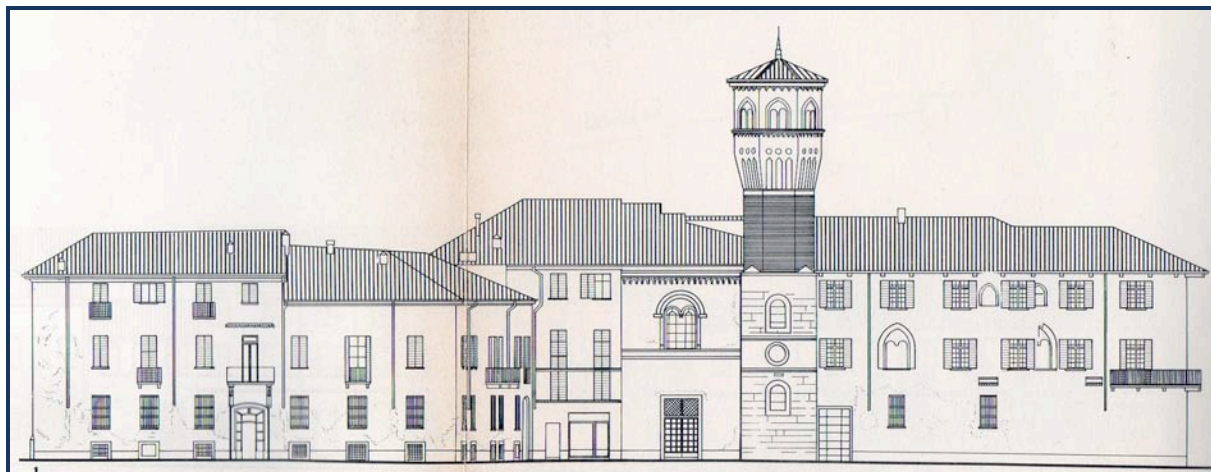
Per quanto riguarda Porta Milano, il carattere generalmente mercantile della zona, connesso alle attività commerciali del popolo e del ceto medio, ha contrassegnato non solo le costruzioni tipo logicamente più legate alla funzione, ma anche quelle che si trovavano nel tessuto con altra origine ed altri scopo quali il palazzo nobiliare, la stazione di posta, ecc.

La stasi dell'attività commerciale, anzi il suo declinare, verificatosi dalla seconda metà dell'Ottocento ad oggi, ha di conseguenza portato con sé anche la stasi edilizia e l'edificato allora ristrutturato ci è stato tramandato pressoché inalterato, essendo riconoscibili solo manomissioni ai prospetti degli edifici, al piano terra e in relazione alle vetrine delle attività commerciali.

Per queste ragioni forme e tipi degli elementi dell'architettura sono rilevabili con certezza e possono essere descritti, il luogo dove il rilevamento avviene è il corso Libertà, in quanto da sempre asse fondamentale urbano, ricco di interessi di vita e, perciò, anche edilizi.

Nell'isolato le case di abitazione lungo il corso non avevano passi carrai, in quanto piccole unità mercantili [...].

F. 41 prospetti su corso libertà tipologia casa mercantile. Si può notare la torre dei Tizzoni inserita in facciata. Elemento ricorrente nell'architettura vercellese



Sono di gran lunga più interessanti gli elementi di architettura della casa mercantile, la più diffusa lungo la strada, il cui fronte assai limitato doveva contenere l'accesso alla casa e quello al negozio.

L'accesso alla casa era sempre costituito da una “portina” aperta su un lungo andito che, attraverso tutta la profondità del corpo, raggiungeva il cortile; su di esso si incontravano la scala e le porte di servizio delle attività commerciali.

La “portina”, così chiamata ancora oggi nel dialetto vercellese, non superava il metro di ampiezza, anche ne era solitamente inferiore ed era divisa in due battenti di legno pieno lavorato a riquadri, a volte decorati in rilievo. Era alta circa due metri e sopra di essa si apriva una lunetta a tutto tondo che permetteva il passaggio di un po' di luce e di aria verso l'andito buio interno.

F. 42 prospetti su corso libertà tipologia casa mercantile. Si può notare la “portina” nell'ultima parte a destra dell'immagine. Le aperture dei passi carrai e le vetrine



L'accesso al negozio e l'esposizione delle merci avvenivano per mezzo di porte di ampiezza maggiore, circa un metro e ottanta centimetri, divise in due battenti di legno che portavano pannelli pieni nella parte inferiore e lastre di vetro in quella superiore.

Uno dei battenti costituiva la mostra del negozio, l'altro l'ingresso allo stesso.

Le aperture si aprivano in murature di mattoni intonacati, avevano soglie di pietra e potevano essere dotate di stipiti in granito o serizzo.

L'alternarsi delle aperture grandi e piccole, simmetricamente disposte sul prospetto dell'edificio, quasi certamente modulate di un passo di novanta centimetri, ritmava lo snodarsi dei piani a terra delle case e ne costituiva l'elemento più aperto e disponibile al rapporto tra pubblico e privato.

Ai piani superiori, quelli di abitazione, decisamente la casa si privatizzava, caratterizzata dalle aperture delle stanze, sempre sui novanta centimetri di larghezza per altezze variabili in funzione dell'interpiano.

F. 43 prospetti su corso libertà tipologia casa mercantile. Si possono notare le diverse altezze dei lotti di facciate, che generano diverse articolazioni in facciata. La zoccolatura è sempre presente, come anche la corrispondenza delle finestre ai diversi piani



Le aperture sui piani superiori erano di norma sull'asse di quelle al piano terra e seguivano nel loro sviluppo verticale una gerarchia di valori che decresceva dal primo verso l'ultimo.

Il primo era certamente ritenuto quello più dignitoso, il corrispettivo del piano nobile dei palazzi signorili, e per questa ragione portava i balconi; i successivi intermedi erano dotati di finestre balcone di limitata sporgenza, venti o trenta centimetri; l'ultimo, che in molti casi corrispondeva al sottotetto, aveva delle semplici finestre.

Le aperture si aprivano su murature intonacate che risvoltavano formando la mazzetta della finestra alla quale erano applicate le persiane di legno dipinto.

I balconi e i balconcini erano costituiti da lastre di pietra infisse nelle murature e, per le sporgenze maggiori, sostenute da mensole dritte o sagomate pure di pietra.

Le ringhiere erano di ferro, a semplice bacchetta verticale trattenuta da due piatti alle estremità, a volte decorate con motivi geometrici ripetuti negli spazi tra i montanti verticali; quelle più tarde erano ad elementi standardizzati di ghisa stampata, più ricche di decorazione delle precedenti e corpose.

Le gronde degli edifici erano poco sporgenti, intonacate, costituite da semplici elementi aggettanti piani, raccordate alla muratura con modanature elementari.

Questi gli elementi fondamentali dell'architettura, pochi e chiaramente riconoscibili; ad essi se ne potevano accompagnare altri, liberi, di decoro, quali affreschi di carattere religioso incorniciati di stucco, semplici bordi in rilievo alle finestre, mensole di stucco decorato sotto ai balconcini per raccordo con le murature verticali.

Erano pure elementi fissi dell'architettura le zoccolature in pietra o semplice intonaco, le pavimentazioni dei cortili in acciottolato e quelle degli interni (negozi e abitazioni) in medoni di laterizio.³

³ Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981

Parte SECONDA

ANALISI DI PROGETTO

7.L'ACQUA

7.1 PREFAZIONE SULL'ACQUA

Gli effetti climatici allarmanti degli ultimi anni che stanno interessando anche il nostro paese, mostrano che le previsioni dell'arrivo di importanti cambiamenti climatici, avversate o minimizzate in passato, stanno invece, purtroppo, cominciando a manifestarsi con preoccupante puntualità.

Abbiamo utilizzato l'acqua come se fosse una risorsa illimitata e gratuita, ma solo oggi stiamo iniziando ad accorgerci che le falde acquifere non sono inesauribili, ad esempio l'acqua prelevabile dai pozzi artesiani è sempre di meno.

Le motivazioni più avvalorate della relativa scarsità di acqua possono essere ricondotte: all'aumento indiscriminato dei consumi (soprattutto nei paesi evoluti), all'inquinamento delle acque superficiali (causato principalmente dagli scarichi urbani e industriali) e a quello delle acque sotterranee (dovuto all'infiltrazione di sostanze derivate da dosi eccessive di fertilizzanti e pesticidi in agricoltura), all'abbassamento delle falde freatiche per l'eccessivo prelievo, alla scarsa manutenzione degli impianti di distribuzione, alla cattiva gestione del territorio, all'insufficiente depurazione, ai cambiamenti climatici in atto e, non da ultimo all'utilizzo delle acque per produrre energia.

Ma l'acqua non serve solo per i pochi usi che possono venire in mente ad un'analisi sommaria.

L'acqua serve a molto di più che a "lavare" o "innaffiare".

Prima di tutto l'acqua mantiene il ciclo naturale necessario alla nostra vita. L'acqua è necessaria per mantenere in vita le piante, che con l'aiuto dell'energia solare, trasformano l'acqua e la CO₂. Con questo processo, la fotosintesi, si crea l'ossigeno, essenziale per la vita, che tutti, uomini, piante e animali, respirano, ed utilizzano per il proprio metabolismo, che non è che un altro ciclo dell'acqua, questa volta biologico, senza il quale la vita è impensabile. La pioggia non serve solo a questo. L'acqua delle nuvole è l'acqua più pura che ci sia. Quando cade sulla terra sotto forma di pioggia, neve o altro, l'acqua

piovana pulisce l'atmosfera da tutto quello che vi è presente: un litro di pioggia può pulire più di 300.000 litri d'aria. Le precipitazioni si arricchiscono con i gas di scarico che l'uomo disperde nell'aria, e questi, insieme ad altri inquinanti, rendono acida l'acqua. Tutte le sostanze inquinanti dovrebbero essere eliminate alla fonte, perché una volta che le precipitazioni contaminano l'acqua e il suolo, l'intervento di depurazione è molto più difficile.

La necessità della tutela, del risanamento e del risparmio della risorsa acqua rende oggi improcrastinabile la progettazione della gestione integrata del ciclo idrico.

Questo comporta sia un ripensamento circa l'uso dell'acqua potabile finalizzato esclusivamente a scopi alimentari ed igienici sia la raccolta della pioggia, come alternativa per tutti quegli usi che non necessitano di un'alta qualità della risorsa e che, mediante una depurazione con tecnologie adeguate, diano possibilità del riutilizzo a livello locale.

Le tecnologie ecocompatibili per il risparmio e la tutela dell'acqua, proprio grazie alle componenti naturali di cui sono costituite, sono inoltre sempre elementi di riqualificazione ambientale.

La formazione di zone verdi ed umide, anche in relazione a più ampi contesti di verde urbano, innesca meccanismi per la creazione, la conservazione o la massimizzazione della biodiversità autoctona, offrendo, inoltre, la possibilità di assorbire anidride carbonica, di riuscire ad abbassare la soglia degli inquinanti prodotti nelle aree urbane.

Una corretta progettazione e una buona gestione della risorsa acqua significano abbassare i costi economici e ambientali legati non solo all'elemento liquido in sé, ma anche all'energia e alle emissioni ad essa collegate.

Proprio le tecnologie ecocompatibili possono essere veicolo innovatore per il miglioramento qualitativo dell'ambiente urbano.¹

¹ Pensa E., *Blu: progettare ecologicamente con l'acqua*, Maggioli Editore, Ravenna, 2009

Il contesto italiano, rispetto a molte altre situazioni europee, mostra una sostanziale arretratezza nell'affrontare il tema del recupero e del riciclo dell'acqua.

Anche se da qualche anno a questa parte in molte zone di Italia la sensibilità sulle problematiche legate all'inquinamento del suolo e delle acque è aumentata,² bisogna porre l'accento sulla necessità di un maggiore impegno giuridico-normativo da parte degli enti preposti per imporre l'applicazione di tecnologie appropriate mirate al risparmio dell'acqua di qualità e al riuso delle acque di pioggia, come suggeriscono le direttive europee.

Inoltre il risparmio dell'acqua comincia dal buon senso, da tutte quelle buone pratiche, cioè, che ciascuno di noi può adottare nei propri comportamenti quotidiani.

7.1.1 UTILIZZO DELL'ACQUA

La disponibilità d'acqua diminuisce ogni anno, in tutto il pianeta come in Italia, le località in emergenza idrica crescono di numero i costi ed i prezzi dell'acqua sono in rapido aumento; circa il 15% della popolazione italiana, ossia circa otto milioni di persone per quattro mesi l'anno (luglio-settembre) è sotto la soglia del fabbisogno idrico minimo di 50 litri di acqua al giorno per persona.³

Nel nostro Paese la distribuzione risulta disomogenea e ad alta differenziazione stagionale. Inoltre le perdite di acqua potabile, a causa di reti fatiscenti e corrose degli acquedotti, sono considerevoli, circa il 40%.

L'Italia è tra i Paesi che consumano in Europa più acqua di buona qualità, anche perché il riciclo e il riutilizzo dell'acqua in Italia non sono praticati come si dovrebbe.

² Così nei nuovi quartieri si realizzano reti fognarie separate: acque bianche (pionane), acque nere (scarichi dei bagni) e grigie (scarichi delle cucine) anche se spesso viene poi tutto convogliato nelle vecchie reti fognarie di acque miste. La normativa dei comuni comincia ad essere più attenta e dettagliata. Le Asl effettuano controlli maggiori. Per gli interventi sparsi sul territorio, non collegabili alla pubblica fognatura, viene sempre più spesso indicato come sistema di depurazione la fitodepurazione piuttosto che la vecchia fossa Imhoff (insufficiente nel trattamento delle acque) o impianti a ossidazione totale (fanghi attivi che però trascinano con sé difficoltà gestionali)

³ Oltre agli aspetti del consumo di acqua potabile, occorre prendere in considerazione anche i consumi energetici. Consumare acqua calda, infatti, significa consumare energia per riscaldarla, e sprecare acqua calda comporta perciò costi elevatissimi per il costo del relativo combustibile.

All'interno delle singole abitazioni i consumi sono ripartiti, partendo da una stima di 200 litri al giorno pro-capite, in circa:

- 70 l per igiene personale;
- 54 l per lo scarico delle toilette;
- 24 l per la lavatrice;
- 30 l per la cucina e la lavapiatti;
- 22 l per la pulizia della casa, innaffiamento e usi esterni.⁴

7.1.2 ACCORGIMENTI

Il controllo del consumo d'acqua deve avvenire a varie scale, partendo dal singolo appartamento (e quindi basandosi sul senso del dovere del singolo cittadino) fino ad arrivare a livello nazionale.

Micro scala (Appartamento):

Ogni singolo cittadino, oltre ad adottare comportamenti quotidiani di buon senso, è aiutato da tecnologie che offrono soluzioni importanti, quali i dispositivi di risparmio idrico e gli elettrodomestici idricamente efficienti.

Alcuni esempi sono:

- Diffusori/Aeratori applicabili a su tutta la rubinetteria;
- Limitatori di flusso e di pressione dell'acqua;
- Rubinetterie termostatiche;
- Sciacquone w.c. con doppio pulsante di scarico (3 – 9 lt);
- Forma della tazza del w.c.;
- Uso di elettrodomestici con consumi limitati di acqua.

Inoltre campagne di sensibilizzazione sull'acqua sono state portate avanti in Italia da diversi Comuni.

⁴ Conte G., *Nuvole e sciacquoni*, Edizioni Ambiente, 2008.

Scala di quartiere:

Le opere più significative per il risparmio idrico sono le installazioni negli edifici di impianti di rete ad alimentazione duale (potabile e di servizio). Nelle ristrutturazioni l'applicazione di tali reti idriche comporta difficoltà tecniche e consiste impegno economico, ma già diversi esperimenti ne dimostrano la complessiva fattibilità. Nelle nuove costruzioni si tratterebbe invece di prevedere già in fase di progettazione sia reti duali sia adeguati spazi per la raccolta delle acque grigie, destinati a piccoli impianti di depurazione e per la raccolta delle acque di pioggia.

Macro scala:

Le principali azioni previste dalla normativa per il risparmio idrico devono essere orientate verso la riduzione delle perdite degli acquedotti, il riuso delle acque reflue.¹

Rispettare l'acqua vuol dire non solo evitare gli sprechi, ma anche inquinare il meno possibile. Di seguito si riportano alcune semplici indicazioni che possono aiutare a risparmiare e conservare la risorsa idrica:

- riparare tempestivamente le perdite idrauliche dell'impianto interno. Un rubinetto che gocciola al ritmo di 90 gocce al minuto spreca circa 4.000 litri di acqua all'anno; un foro di un millimetro in una tubatura provoca, in un giorno, una perdita di 2.400 litri di acqua potabile. Uno sciacquone che perde acqua nel water (anche in maniera impercettibile), può scaricare in un giorno oltre 2.000 litri di acqua;
- innaffiare l'orto con acqua piovana raccolta precedentemente, i fiori e le piante in vaso con acqua già utilizzata per lavare verdura e frutta; si possono così recuperare oltre 6.000 litri di acqua potabile all'anno;
- far funzionare lavatrice e lavastoviglie sempre a pieno carico; si ottiene così un risparmio pari a 8.000/11.000 litri di acqua potabile all'anno per famiglia;
- fare la doccia invece del bagno in vasca. Per una normale doccia si possono

¹ Pensa E., *Blu: progettare ecologicamente con l'acqua*, Maggioli Editore, Ravenna, 2009

- consumare dai 20 ai 50 litri di acqua, cinque volte in meno di un bagno in vasca;
- chiudere il rubinetto mentre si lavano i denti e mentre ci si rade; questo permette di risparmiare fino a 7.500 litri l'anno per una famiglia di tre persone;
 - non fare uso eccessivo di prodotti chimici per la pulizia della casa e di detersivi per il bucato; attenersi scrupolosamente alle indicazioni del produttore (le quantità consigliate sono in base alla durezza dell'acqua). Per disinfettare e lucidare, nella maggior parte dei casi, basta acqua con un po' di aceto o bicarbonato;
 - non usare la toilette come discarica di sostanze tossiche (vernici, lacche, prodotti chimici, sigarette, solventi, capelli) altrimenti si riduce la funzionalità del sistema fognario.

Rispettare queste regole significa imparare a considerare l'acqua come un bene prezioso che non solo non deve essere sprecato, ma per il quale occorre anche fare attenzione a controllarne l'inquinamento.

7.1.3 NORMATIVE

Direttiva quadro acque 2000/60/CE

La direttiva quadro acque 2000/60/CE obbliga alla protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee, attraverso l'ottimizzazione degli usi e promuovendo l'integrazione delle normative riguardanti l'acqua. In particolare, viene rilanciata la necessità di gestire questa risorsa attraverso una pianificazione di bacino idrografico, con un'ottica ecologica che consideri il ciclo delle acque e non i confini amministrativi di province, regioni o stati.

L'Italia è risultata essere l'unico Paese in Europa ad avere tardato di gran lunga il recepimento della direttiva e a non aver avviato alcuna azione significativa verso quella direzione entro i termini temporali stabiliti dalla Comunità Europea.

Legge 183/89

Necessità di pianificazione degli interventi sul suolo in un'ottica di bacino e indica nella razionalizzazione dell'uso delle risorse la strada per risanare, prevenire e salvaguardare le risorse stesse.

Legge Galli 36/94

Stabilisce la priorità degli usi domestici nell'utilizzazione delle risorse idriche naturali ed individua il recupero ed il riuso come possibili alternative per soddisfare le esigenze industriali ed agricole.

Legge 152/2006

Ha abrogato il decreto legislativo 152/99 prevedendo tra l'altro, l'emanazione di nuove norme tecniche sul riutilizzo delle acque reflue (art. 98).⁵

Si rende libera la raccolta di acque piovane in invasi e cisterne al servizio di fondi agricoli per usi agricoli mentre vengono regolamentate le acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia, vietando lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee (art.113).⁶ I decreti attuativi della 152/2006 sono stati ritenuti inefficaci per mancanza del controllo preventivo da parte della Corte dei Conti ed è quindi tornato efficace il d.m. 185/2003.

⁵ Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Art. 98:

“Coloro che gestiscono o utilizzano la risorsa idrica adottano le misure necessarie all'eliminazione degli sprechi ed alla riduzione dei consumi e ad incrementare il riciclo ed il riutilizzo, anche mediante l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili”.

⁶ Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Art. 113:

“1. Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, disciplinano e attuano:

a) le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;

b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione.

2. Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.

3. Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.

4. E' comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.”

Finanziaria 2008

La finanziaria 2008 “Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato”, approvata dal Senato della Repubblica il 21 dicembre 2007, aveva previsto l'obbligo dell'applicazione di tecnologie atte a garantire il risparmio idrico e l'utilizzo di acqua di pioggia.

7.1.4 PROGETTO

All'interno del progetto molta attenzione è stata posta alla tutela, al risanamento e al risparmio della risorsa idrica.

Uno degli accorgimenti, a livello ambientale, che abbiamo ritenuto necessario studiare e inserire nel progetto è quello della raccolta delle acque meteoriche (*vedi paragrafo 7.2*) e del suo riutilizzo all'interno degli edifici da noi progettati (per gli sciacquoni dei bagni e per il primo lavaggio della lavatrice).

In entrambi gli edifici, inoltre, è stata prevista l'installazione di una doppia rete idrica, dove lo smaltimento delle acque nere viene separato da quello delle acque grigie. La doppia tubazione permette la separata immissione dei due tipi di refluo in apposite vasche di fitodepurazione (*vedi paragrafo 7.3*) che hanno il compito di trattare e purificare le due risorse, per poi disperdere l'acqua “pulita” nella falda sottostante.

Altri piccoli accorgimenti, sono stati inseriti all'interno dei singoli appartamenti e negozi; alcuni di questi sono:

- Utilizzo di diffusori e aeratori su tutti i rubinetti:
questo dispositivo si applica alla parte finale del normale rubinetto e può consentire un risparmio d'acqua fino al 70%. E' costituito da un dispositivo a spirale che imprime all'acqua un movimento circolare aumentandone la velocità ed un sistema di retine e fori che miscelano l'aria all'acqua, aumentando così il volume del getto. Altri dispositivi anziché creare un getto areato, creano un getto laminare simile a quello di una doccia che a parità di comfort consente un notevole risparmio di acqua.

F. 44 diffusori presenti su tutta la rubinetteria



- Limitatori di flusso su tutti i rubinetti:
esistono rubinetti con leva che consentono di suddividere lo spazio d'apertura della leva stessa in due zone ben distinte. Una zona di economia dove una lieve azione frenante ricorda che si è raggiunta un'erogazione di circa 5 l/min. Continuando l'apertura si può invece usufruire della consueta erogazione d'acqua pari a circa 10 l/min.

F. 45 limitatori di flusso



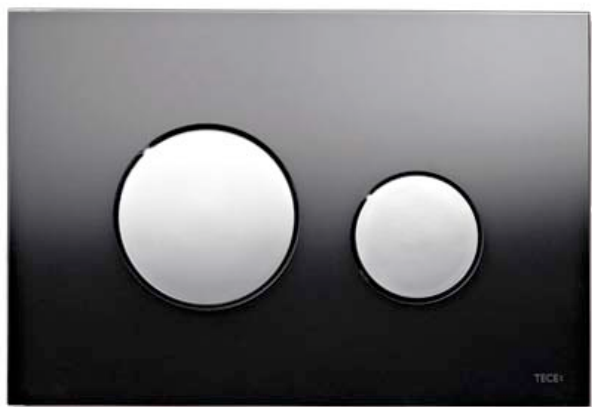
- Rubinetteria termostatica:
sono utilizzate soprattutto nelle docce. Con questi tipi di rubinetti si raggiungono immediatamente le temperature preselezionate, risparmiando una inutile fuoriuscita in attesa della condizione termica ottimale dell'acqua.

F. 46 rubinetteria termostatica



- Sciacquone w.c. con doppio pulsante di scarico:
nei modelli comuni vengono consumati, per ogni scarico, dai 9 ai 16 litri di acqua pulita. Esistono invece cassette con doppio tasto (3/6 litri, o 4/9 litri, ecc).

F. 47 sciacquone wc con doppio pulsante di scarico



- Forma della tazza del w.c.:
anche la forma della tazza è fondamentale per consentire una corretta pulizia della stessa con il quantitativo minore possibile di acqua. Esistono alcuni esempi di vasi che con soli 3,5 litri riescono a rimuovere il contenuto e ad assicurare il corretto ricambio di acqua nella tazza stessa.

F. 48 wc ergonomico



- Uso di elettrodomestici con consumo limitato di acqua:
da alcuni anni è stato introdotto a livello europeo l'obbligo dell'etichettatura energetica degli apparecchi, dove viene indicato il consumo in base a sette fasce, dalla A⁺⁺⁺ (basso consumo) alla F (alto consumo). La scelta delle lavatrici e delle lavastoviglie dovrebbe ricadere su quelle di classe "A⁺⁺⁺"; nel caso delle lavatrici il consumo a lavaggio è di solo 60 litri contro i 100 di quelle tradizionali, mentre per le lavastoviglie il consumo è di 14 litri. Occorre poi sottolineare il fatto che diminuire i consumi di acqua nei lavaggi significa anche risparmiare acqua calda e quindi energia per produrla, ottenendo così un doppio beneficio.
Per garantire l'effettivo risparmio idrico è stata predisposta l'installazione di un doppio sistema di tubazione che permette l'immissione di acqua piovana durante il primo ciclo di lavaggio, mentre per i successivi viene utilizzata acqua potabile. Questo tipo di elettrodomestico non è commercializzato in Italia, ma è possibile trovarlo in Paesi della comunità europea come Svizzera, Germania e Olanda.

F. 49 lavatrice con doppio ingresso d'acqua (potabile e piovana)



Questi interventi fanno parte di uno studio di riqualificazione ambientale volto al miglioramento delle condizioni esistenti. All'interno del nostra area i temi della sostenibilità hanno influito molto sulla progettazione complessiva dell'intervento architettonico.

7.2 RACCOLTA ACQUE METEORICHE

Tra i sistemi in grado di offrire un immediato contributo alla soluzione dei problemi dello spreco, della penuria e dei crescenti costi dell'approvvigionamento idrico vi sono sicuramente quelli basati sul recupero e riciclaggio delle acque meteoriche.

Attualmente, a parte pochi casi in regioni virtuose, in Italia la pioggia, sia a scala di edificio che di città, viene convogliata direttamente in fognatura. Questo comporta, non di rado a causa delle caratteristiche delle precipitazioni, allagamenti di parti di città, intasamento del sistema di smaltimento, impossibilità di un appropriato trattamento dei reflui nei depuratori tradizionali con conseguente reimmissione nei corpi idrici di un prodotto non sufficientemente depurato e, quindi, il peggioramento dello stato qualitativo di tutto il sistema idrico.¹

Si tratta di impianti modulari, talvolta molto evoluti, messi a punto in altri paesi (quelli distribuiti in Italia sono tutti di fabbricazione tedesca) dove le problematiche sopra accennate hanno raggiunto livelli così elevati da innescare una rapida spirale di aumento dei prezzi dell'acqua potabile che, in breve, ne ha resa la realizzazione di sicura convenienza economica.

La promozione delle tecnologie per il risparmio idrico e il riutilizzo dell'acqua di pioggia era stata recentemente sostenuta da una legge italiana, la Finanziaria del 2009.⁷ Questa dichiarava che dal 2009, il permesso di costruire era “subordinato alla certificazione energetica [...] e le nuove costruzioni devono avere appropriate tecnologie per il risparmio dell'acqua ed il riuso dell'acqua di pioggia”.¹

7.2.1 VANTAGGI

I vantaggi che vengono offerti dall'installazione di impianti di raccolta dell'acqua piovana

¹ Pensa E., *Blu: progettare ecologicamente con l'acqua*, Maggioli Editore, Ravenna, 2009

⁷ Decreto Legislativo 24 dicembre 2007, n. 244, art. 288:

“A decorrere dall'anno 2009, in attesa dell'emanazione dei provvedimenti attuativi di cui all'articolo 4, comma 1, del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, il rilascio del permesso di costruire è subordinato alla certificazione energetica dell'edificio, così come previsto dall'articolo 6 del citato decreto legislativo n. 192 del 2005, nonché delle caratteristiche strutturali dell'immobile finalizzate al risparmio idrico e al reimpiego delle acque meteoriche.”

¹ Pensa E., *Blu: progettare ecologicamente con l'acqua*, Maggioli Editore, Ravenna, 2009

per uso individuale non vengono goduti solo a livello privato ma si riflettono positivamente anche nella sfera dell'intervento pubblico:

- evitano il ripetersi di sovraccarichi della rete fognaria di smaltimento in caso di precipitazioni di forte intensità;
- aumentano l'efficienza dei depuratori (laddove le reti fognarie bianca e nera non siano separate), sottraendo al deflusso importanti quote di liquido che, nel diluire i quantitativi di liquami da trattare, ridurrebbero l'efficacia della fase biologica di depurazione;
- provvedono a trattenere e/o disperdere in loco l'eccesso d'acqua piovana (ad esempio durante forti temporali) che non viene assorbita dal terreno a livello urbano, a causa della progressiva impermeabilizzazione dei suoli, rendendo inutili i potenziamenti delle reti pubbliche di raccolta.

Benefici talmente consistenti che, anche in Italia, già alcune amministrazioni comunali hanno in avanzata fase di studio forme di incentivazione (sconto sul pagamento degli oneri di urbanizzazione) per quanti adottino sistemi di recupero e riciclaggio delle acque piovane.

Altri punti di forza del sistema sono:

- la gratuità del conferimento d'acqua;
- l'assenza di depositi calcarei nelle condutture e sulle resistenze elettriche delle macchine di lavaggio (lavatrice, lavastoviglie) e il conseguente risparmio sui consumi di elettricità;
- il risparmio di detersivi (fino al 50%) per la minor durezza dell'acqua.

7.2.2 REIMPIEGO DELL'ACQUA RACCOLTA

Nel settore privato circa il 50% del fabbisogno giornaliero d'acqua può essere sostituito con acque piovane.

Nelle residenze gli impieghi che si prestano al riutilizzo di queste ultime sono in particolar modo: il risciacquo dei wc, i consumi per le pulizie e il bucato, l'innaffiamento del

giardino e il lavaggio dell'automobile, usi tecnologici e alimentazione delle reti antincendio, sistemi di climatizzazione attiva/passiva.

La gamma dei reimpieghi possibili dell'acqua piovana dipende dalla sua qualità ovvero dalla misura di eventuali carichi inquinanti che alterano le sue caratteristiche fisiche, chimiche o i parametri microbiologici.

Le fonti di agenti contaminanti possono essere:

- sostanze presenti in atmosfera che si associano all'acqua nel corso dell'evento piovoso (è il caso, ad esempio, del noto e ormai diffusissimo fenomeno delle "piogge acide");
- sostanze di decadimento rilasciate dai materiali che compongono i sistemi di raccolta e/o stoccaggio delle acque (ad esempio piombo da converse o raccordi, idrocarburi e/o polimeri dalle guaine impermeabili, polveri e frammenti da tegole, coppi, lastre, ecc.);
- sostanze di natura organica e non trasportate dal vento che si depositano sulle coperture e/o sulle superfici destinate alla raccolta della pioggia (residui di foglie, fango, sabbia, limo, ecc. sedimentati in grondaie e pozzetti);
- parassiti, batteri e virus derivati dallo sterco di uccelli ed animali che hanno accesso alla copertura e alle superfici di raccolta.

Escludendosi comunque l'uso potabile, gli studi condotti finora non hanno rilevato problemi di sorta relativamente agli impieghi sopra elencati.

7.2.3 DATI NECESSARI PER IL DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO

L'adozione di un impianto di recupero dell'acqua piovana presuppone la piena efficienza del sistema di raccolta, adduzione e successiva distribuzione delle acque recuperate. Inoltre non deve essere dimenticato il sistema di dispersione che, ove non sia costituito da corpi d'acqua o fognature pubbliche, è realizzato da tubazioni drenanti o pozzi perdenti.

Il sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche va dimensionato secondo le indicazioni della norma UNI 10724. I dati di base necessari per il calcolo delle sezioni di grondaie, pluviali e collettori devono tener conto dei:

- **dati climatologici:** ovvero quantità e durata delle piogge (ricavabili dall'annuario statistico meteorologico edito dall'ISTAT). E' fondamentale, per il dimensionamento della raccolta dell'acqua di pioggia, la posizione geografica nella quale si trova l'edificio, ovvero se le precipitazioni nel corso dell'anno sono sufficienti da giustificare l'installazione di impianti per la raccolta;
- **dati geometrici:** ovvero la sommatoria delle superfici che possono ricevere le precipitazioni. E' importante che la superficie di raccolta sia il più possibile liscia e poco assorbente; possono essere utilizzati sia tetti che terrazzi che superfici pavimentate piane (ad esempio piazze). A seconda delle caratteristiche della superficie ricettiva vi sono diversi coefficienti di deflusso, da utilizzare per il dimensionamento dell'impianto;

T. 1 la tabella indica il coefficiente di deflusso delle varie superfici di raccolta delle acque meteoriche

Superficie di raccolta	Coefficiente di deflusso
Tetto di metallo o di ardesia	0,95
Tetto spiovente in tegole levigate di argilla	0,9
Tetto spiovente in ardesia, cls o tegole grezze	0,8
Tetto piano ghiaioso	0,6
Tetto verde	0,4
Lastricato d'asfalto e marciapiedi con manto impermeabile	0,9
Lastricato in pietra o legno, con fessure sigillate	0,8
Lastricato in pietre di grande taglio senza sigillatura	0,6
Superfici di parchi e giardini	0,05

- **dati tecnici:** ovvero l'efficienza del filtro che ha la funzione di evitare l'immissione nel serbatoio di detriti e corpi estranei raccolti dall'acqua piovana sul suo percorso.

Nel calcolare il dimensionamento dei pluviali e relative grondaie va ricordato che i coefficienti di deflusso per la determinazione dello scarico dell'acqua devono considerare fattori molto importanti come la superficie del tetto in funzione della pendenza, oppure se il tetto ha la copertura in ghiaia, oppure se il “tetto verde” è con area a verde intensivo o estensivo.

Un impianto di raccolta e smaltimento, che nel nostro caso assume la funzione prevalente di recupero, deve considerare soprattutto gli aspetti funzionali e strutturali ma anche quelli estetici.

Va sottolineato che materiali e componenti devono uniformarsi alle corrispondenti norme di prodotto. Essi devono resistere all'azione chimica degli inquinanti atmosferici ed alle azioni meccaniche quali la grandine, il vento, le precipitazioni nevose se abbondanti, ecc.

Tra le innovazioni tese a risolvere il frequente problema dell'intasamento delle grondaie e dei pluviali, causato da accumuli di foglie e altri residui che cadono sulle coperture, vanno segnalate particolari reti tubolari in materiale plastico da inserire nella sezione libera della grondaia.

Punto di partenza per un ottimale utilizzo dell'impianto di recupero è la verifica del grado di soddisfacimento del fabbisogno dell'utenza per mezzo dell'acqua piovana e, in base a ciò, il dimensionamento del serbatoio. Questi dati possono essere facilmente ottenuti mediante semplici calcoli, presupponendo la conoscenza di alcuni parametri come:

- superficie e coefficiente di deflusso della superficie di raccolta dell'acqua piovana (tetto duro, ghiaioso, verde, ecc.);
- altezza delle precipitazioni (ricavabile da pubblicazioni specializzate) e giorni consecutivi senza pioggia;
- efficacia del filtro (in funzione del grado di pulizia);
- fabbisogni di acqua per ogni apparecchio utilizzato (wc, lavatrice, ecc.) e/o per irrigazione;
- numero di utenti.

7.2.5 L'IMPIANTO

L'impianto per ottimizzare il recupero dell'acqua piovana è composto sostanzialmente da due sottosistemi: quello di accumulo e quello di riutilizzo vero e proprio.

Mentre il primo possiede le caratteristiche di un comune impianto di scarico per tipologia dei materiali e sistema di posa in opera, il secondo è a tutti gli effetti un impianto di tipo idraulico che serve a prelevare l'acqua stoccata nei serbatoi e a distribuirla agli apparecchi che la riutilizzano.

Questi ultimi devono quindi essere allacciati ad un "doppio impianto" (impianto idrico normale e impianto di riciclaggio) che permetta il prelievo differenziato in relazione ai consumi e alla disponibilità delle riserve.

Per evitare pericoli di contaminazione, tubazioni e terminali dell'impianto di riciclaggio devono essere marchiati in modo chiaro per poterli distinguere facilmente in caso di successive modifiche tecniche; nello stesso modo, su eventuali punti di prelievo (rubinetti, ecc.), deve essere esposta in modo ben visibile la scritta "acqua non potabile".

Le funzioni svolte dal sistema di accumulo sono quelle di selezione-filtrazione delle acque con caratteristiche adeguate alla raccolta e loro stoccaggio in adatti contenitori.

La composizione tipica del sistema è formata dall'assemblaggio dei seguenti elementi:

- *Tubo pluviale e/o superficie ricettiva.*
- *Filtro:*

il filtro serve ad evitare l'immissione nel serbatoio di detriti e corpi estranei raccolti dall'acqua piovana sul suo percorso. Da ubicarsi comunque a monte dell'accumulo, può:

- essere installato in punti diversi dell'impianto (sui pluviali, fuori terra, interrato, integrato al serbatoio, ecc.);
- essere concepito secondo diversi principi di intercettazione del materiale;
- essere dotato di dispositivi automatici di risciacquo per eliminare il materiale intercettato che, stratificandosi, può diminuirne l'efficienza.

Una breve rassegna degli apparecchi disponibili porta alla identificazione dei seguenti tipi:

- Filtro integrato al pluviale: adatto soprattutto a piccoli impianti nei quali si provvede alla raccolta delle acque piovane solo da uno o da pochi pluviali. Il dispositivo si

presenta come un accessorio da inserire sulla tubazione del pluviale mediante taglio e asportazione di un breve tratto dello stesso. E' costituito da un involucro, avente la stessa sezione della tubazione facilmente raccordabile e asportabile per la periodica manutenzione, e da un elemento di intercettazione interno costituito in genere da una griglia metallica (con fori di diametro inferiore anche ai 2 decimi di millimetro) sagomata a tronco di cono, rastremata verso il basso e capace di trattenere residui di vario genere (muschi, licheni, foglie, sabbie, polveri, ecc.). La porzione d'acqua che penetra attraverso il filtro viene deviata esternamente al pluviale e inviata allo stoccaggio (di solito costituito da serbatoi fuori terra collocati al piede degli stessi pluviali), mentre i residui intercettati e dilavati dalla rimanente acqua vengono convogliati verso il sistema di smaltimento.

- Filtro centrifugo: dispositivo generalmente interrato composto da una camera filtrante accessibile mediante un'apertura superiore dotata di coperchio corredato di prolunghe per consentirne l'installazione a diverse profondità. Il principio utilizzato sfrutta la velocità in ingresso dell'acqua (immessa tangenzialmente nella camera filtrante del dispositivo) intercettando e separando eventuali corpi sospesi attraverso una griglia periferica (di solito in acciaio inox con maglie di 0,2 mm di apertura) sulla quale viene proiettato il liquido in entrata. Il deflusso dei residui avviene al centro dal basso mediante una tubazione raccordata con il sistema di smaltimento; il liquido filtrato si raccoglie invece entro una intercapedine perimetrale e quindi convogliato verso il serbatoio. La manutenzione del filtro (da eseguirsi circa ogni 3 mesi) si compie accedendo dal chiusino ed effettuando una pulizia o superficiale, mediante spazzolatura con scopa o apposito attrezzo sulla superficie della griglia o approfondita mediante estrazione e lavaggio con acqua corrente della griglia-filtro.

- Filtro a camere: è costituito da un contenitore da interrare poco più grande di un comune pozzetto di raccordo per pluviali dotato di coperchio per l'accesso e l'esecuzione delle operazioni di avvio e manutenzione.

L'uso è limitato alla sola intercettazione di sporco grossolano proveniente da superfici di dimensioni medio-piccole (100-200 mq.) prive di ogni dispositivo di arresto e selezione delle sostanze inquinanti (griglie parafoglie e simili). L'interno del pozzetto è suddiviso in camere (2 o 3) dotate di cestelli o tasche estraibili ciascuno da caricare con ghiaia di granulometria decrescente nel senso di scorrimento delle acque (ad esempio: Ø 80-35 mm. / 35-25 mm. / 25-15 mm.). Il funzionamento prevede che, nonostante entrata e

uscita dell'acqua siano poste sullo stesso livello, il liquido effettui un percorso obbligato tale da passare attraverso tutte le camere e permettere che le sostanze sospese rimangano intrappolate nei miscugli di materiale filtrante eventualmente insaccato in involucri di tessuto-non-tessuto. In caso di ostruzione del filtro o di afflussi d'acqua eccezionali un foro di troppo pieno provvede a smaltire l'eccesso di liquido nell'impianto di scarico o in un pozzo perdente. Premesso che l'installazione non prevede difficoltà di sorta, anche le operazioni di manutenzione (da effettuarsi almeno ogni 3 mesi) sono semplicissime e consistono nelle seguenti fasi: estrazione delle tasche, lavaggio del materiale filtrante in acqua corrente (ovvero sua sostituzione in caso di saturazione), ri-collocazione delle tasche nel contenitore.

- Filtro autopulente: questa tipologia di dispositivi include apparecchi (da installare sia in superficie, sia entro terra) che funzionano a caduta e provvedono alla cattura del materiale indesiderato mediante filtri in tessuto per taglie di superfici captanti fino a 300 mq. In pratica l'acqua passando sul filtro percola, in gran parte, nella zona sottostante depositando le impurità sulle maglie del setaccio; la quota restante d'acqua, proprio perché impedita a filtrare dalla presenza dei residui intercettati, produce un effetto di dilavamento su questi ultimi trascinandoli verso lo scarico di evacuazione collegato al sistema fognario. Ovviamente l'efficienza del sistema dipende in gran parte dalla pulizia periodica del filtro a cui si può accedere attraverso il coperchio del chiusino. Alcuni modelli sono dotati di unità di contro-lavaggio ovvero di un dispositivo simile ad un irrigatore a braccia rotanti che, azionato manualmente, provvede a ripulire il filtro con un getto d'acqua di rete spruzzata in senso opposto a quello di caduta.

- *Rallentatore d'ingresso acqua piovana:*

ha la funzione di diminuire l'afflusso dell'acqua che, altrimenti, durante le forti precipitazioni potrebbe causare dei moti elicoidali indesiderati.

- *Sensore di livello minimo:*

ha il compito di mantenere controllato il livello di presenza d'acqua nel serbatoio, in modo da evitarne lo svuotamento.

- *Serbatoio:*

il serbatoio rappresenta il cuore dell'intero sistema di recupero dell'acqua piovana.

L'individuazione del modello adatto a soddisfare le richieste di un impianto di accumulo dipende da una serie di caratteristiche fortemente correlate tra loro;

possiamo focalizzarle schematicamente e in ordine d'importanza nei punti che seguono:

- Posizione: La posizione influisce sul tipo di sotto-sistema di distribuzione (con o senza pompa) e quindi anche sugli utilizzi (secondo sistema solo per annaffiature, lavaggio auto, ecc.), sui costi complessivi di installazione e manutenzione, sulla forma (compatta per interno, resistente per interrimento) e sui materiali impiegati. Le alternative riguardo alla dislocazione del serbatoio possono essere: fuori terra, all'interno dell'edificio (cantina, garage, ecc.) e interrato.

- Fuori terra: si tratta in genere di serbatoi adatti per l'accumulo di acqua destinata ad annaffiature (orto, giardino, ecc.) ovvero al lavaggio di automobili e scopi simili, in cui la distribuzione del liquido avviene per gravità senza l'uso di pompe; anche l'assetto e l'installazione del contenitore risentono dell'uso finale: infatti si tratta in genere di cisterne verticali (ad esempio da addossare al fabbricato in adiacenza o coincidenza con la discesa dei pluviali) o di cisterne appiattite da ubicare su tetti piani (ad esempio sulla copertura di autorimesse o locali simili); in quest'ultimo caso la pompa serve solo al caricamento della cisterna che, ove richiesto, fornisce acqua riscaldata dall'irraggiamento solare.

- Interno all'edificio: la dislocazione avviene solitamente in locali posti a livello del suolo o interrati (autorimesse, cantine, ecc.); la scelta di solito è motivata dalla facilità di installazione, dalla indisponibilità di spazi all'aperto, da difficoltà per l'interramento (terreno roccioso, falde superficiali, ecc.), dalla necessità di non manomettere sistemazioni esterne complesse e/o danneggiare gli apparati radicali di piantumazioni di pregio e/o per contenere i costi; lo sviluppo dei serbatoi è in genere verticale per diminuire lo spazio d'ingombro e la dimensione è di solito ridotta per consentire la facile introduzione nei vani interni; per aumentare la capienza è tuttavia possibile affiancarne più d'uno in parallelo.

- Interrato: il posizionamento entro terra, anche se più oneroso, consente di eliminare ingombri in vista non sempre compatibili con le esigenze funzionali ed estetiche dell'edificio e consente l'installazione di manufatti anche di grande capienza.⁸

- Capienza: premesso che le dimensioni variano in genere da 1000 a 10.000 litri, il corretto dimensionamento deve avvenire in seguito all'attenta valutazione di tutte le variabili che definiscono le specifiche caratteristiche ambientali (piovosità locale, dimensioni e tipo delle superfici di raccolta, ecc.) e prestazionali richieste (fabbisogni, gamma di utilizzi, ecc.). Laddove esistano problemi relativi allo sviluppo in profondità dello scavo (terreno roccioso, ecc.) o dove vengano previsti possibili sviluppi o integrazioni dello stoccaggio è possibile ricorrere al posizionamento in parallelo di più serbatoi. La posa in opera prevede l'affiancamento delle cisterne collegate alla base da tubazioni di raccordo che consentono l'immissione e l'estrazione contemporanea dell'acqua da tutti i serbatoi evitando le conseguenze negative derivate da fenomeni di stagnazione o svuotamento.

- Forma: i serbatoi in produzione hanno generalmente forma cilindrica con asse disposto in senso orizzontale o verticale. Quest'ultima è considerata la più adatta per lo stoccaggio poiché l'incremento della quantità d'acqua introdotta non provoca la diminuzione della superficie esposta all'aria con benefici effetti sulla sedimentazione, sul risciacquo durante la tracimazione (effetto "skimmer") e sulla qualità dell'acqua in generale. La sagomatura dell'involucro prevede quasi sempre la presenza di corrugazioni, costolature e pieghe che funzionano da rinforzo della carenatura.

Sul fondo del manufatto possono essere ricavati intagli o incastri dove è possibile infilare le "forchette" degli elevatori e facilitarne lo spostamento.

⁸ La sequenza di posa in opera del serbatoio di accumulo delle acque meteoriche prevede:

- scavo secondo le dimensioni della cisterna e alla profondità utile per il raccordo con il sistema di raccolta dell'acqua piovana; va rispettata la distanza di almeno un metro da murature e altre opere di fondazione;
- formazione di un letto di sabbia compattata e livellata (terreni con densità superiori a 1500 kg/mq) ovvero di una soletta in calcestruzzo dello spessore minimo di 10 cm.; nel caso la profondità di posa in opera possa essere interessata dalla presenza (anche periodica o eccezionale) di falde acquifere occorre provvedere all'ancoraggio del serbatoio ad una soletta appositamente dimensionata per costituire elemento di zavorramento;
- introduzione del serbatoio utilizzando il sistema di sollevamento indicato dal produttore; se si prevede l'utilizzo di più serbatoi in parallelo, prima della posa sul fondo dello scavo va predisposto il foro per il collegamento della tubazione di raccordo tra le cisterne; nel posizionare la cisterna si deve tenere conto della direzione dei rami di collegamento con le altre componenti dell'impianto;
- riempimento del serbatoio con acqua e contemporaneo rinfianco e costipazione con sabbia saturata d'acqua del volume di scavo residuo;
- innesto e sigillatura del passo d'uomo e delle eventuali prolunghie che consentono l'interramento del serbatoio a profondità maggiori;
- installazione delle tubazioni di collegamento con le altre componenti dell'impianto;
- completamento dell'interramento e posa del chiusino di accesso al serbatoio; nel caso la proiezione in superficie della zona di interramento del serbatoio sia interessata dal transito di veicoli, occorre realizzare a livello del suolo una piastra di calcestruzzo per la ripartizione dei carichi a norma delle disposizioni vigenti.

- Materiale: i serbatoi sono realizzati in materiali compatibili con le normative che riguardano lo stoccaggio delle acque destinate al consumo umano.

- *Galleggiante per aspirazione acqua ad altezza controllata:*

la sua particolarità sta nel sistema di prelievo a profondità costante. L'apposito galleggiante collegato al tubo flessibile di pescaggio (anch'esso provvisto di filtro), fa sì che esso si trovi alla profondità costante di -10 cm dalla superficie indipendentemente dal livello di fluido presente all'interno del serbatoio.

Qualora il pescaggio risultasse troppo vicino al fondo, zona in cui si possono accumulare delle impurità, l'apposito galleggiante di attivazione/disattivazione della pompa, provvederà a staccarla impedendone il pescaggio fino a che non verrà incrementato il livello della cisterna avviando al problema.

Questi doverosi accorgimenti servono sia a garantire la massima qualità dei fluidi prelevati che a preservare pompe e impianti idraulici da fastidiose, frequenti e onerosi interventi di manutenzione e riparazione.

- *Pompa di pescaggio*
- *Tropo pieno ed espulsione impurità galleggianti:*

accessorio a forma di sifone che evita il riflusso di odori sgradevoli provenienti dal sistema di smaltimento verso il serbatoio; va posizionato a quota uguale o leggermente inferiore rispetto a quella di immissione. Inoltre ha la funzione di fuoriuscita delle impurità che restano sospese e dell'eccessiva quantità d'acqua presente nel serbatoio.

- *Valvola di non ritorno e barriera antiratto:*

evita la contaminazione delle acque stoccate nel serbatoio, impedendo il riflusso di acque provenienti dal sistema di smaltimento.

E' corredata da filtro a grata che blocca l'accesso al serbatoio e alle altre componenti a monte di esso ad animali e insetti che potrebbero risalire dallo scarico.

- *Centralina di controllo:*

la centralina ha lo scopo di garantire alle utenze, un approvvigionamento idrico costante anche in periodi di lunga siccità, mediante la gestione automatica del circuito idraulico tradizionale e di recupero, senza alcuno spreco e in modo totalmente autonomo.

Una volta determinato il volume minimo di scorta mediante il sensore di livello, la centralina, provvederà autonomamente al mantenimento della scorta fino al nuovo evento meteorico, mediante l'apertura di un'elettrovalvola alimenterà il serbatoio per caduta.

E' da notare che la centralina è programmata per mantenere solo la scorta minima e non per riempire completamente il serbatoio, in quanto ciò vanificherebbe il successivo evento meteorico.

A garanzia di inutili sprechi; la centralina è dotata di sistemi di allarme e blocco in caso di anomalie al sistema come ad esempio la rottura del serbatoio o delle tubazioni.

In rispetto delle norme sanitarie italiane, la rete idraulica tradizionale e quella di recupero devono essere totalmente separate senza entrare mai in contatto diretto. Grazie all'elettrovalvola i due circuiti sono fisicamente separati senza mai entrare in diretto contatto fra loro.

- *Tubo d'immissione:*

si tratta di una tubazione verticale alta quanto l'altezza del serbatoio dotata di un raccordo terminale inferiore curvato a 180° rispetto alla direzione di caduta che consente l'immissione dal basso delle acque piovane ricche di ossigeno in modo da non creare turbolenze che potrebbero mettere in sospensione eventuali stratificazioni di alghe o altri materiali galleggianti in superficie ovvero sabbie e fanghi depositati sul fondo del serbatoio stesso.

- *Tubo di scarico:*

accessorio a forma di sifone che evita il riflusso di odori sgradevoli provenienti dal sistema di smaltimento verso il serbatoio; va posizionato a quota uguale o leggermente inferiore rispetto a quella di immissione.

7.2.5 MANUTENZIONE

Il mantenimento in efficienza dell'intero impianto prevede pochi e semplici accorgimenti in modo da garantirne una lunga e affidabile durata:

- pulizia del filtro mensile;
- ispezione visiva del serbatoio d'accumulo;
- pulizia del serbatoio annuale;
- controllo e pulizia della pompa e della centralina da parte di personale specializzato.

Il sistema di accumulo è collegato al sotto-sistema di smaltimento delle acque di pioggia che può avvenire in vari modi (pozzo perdente, sub irrigazione, ecc.).

7.2.6 PROGETTO

7.2.6.1 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DI VERCELLI

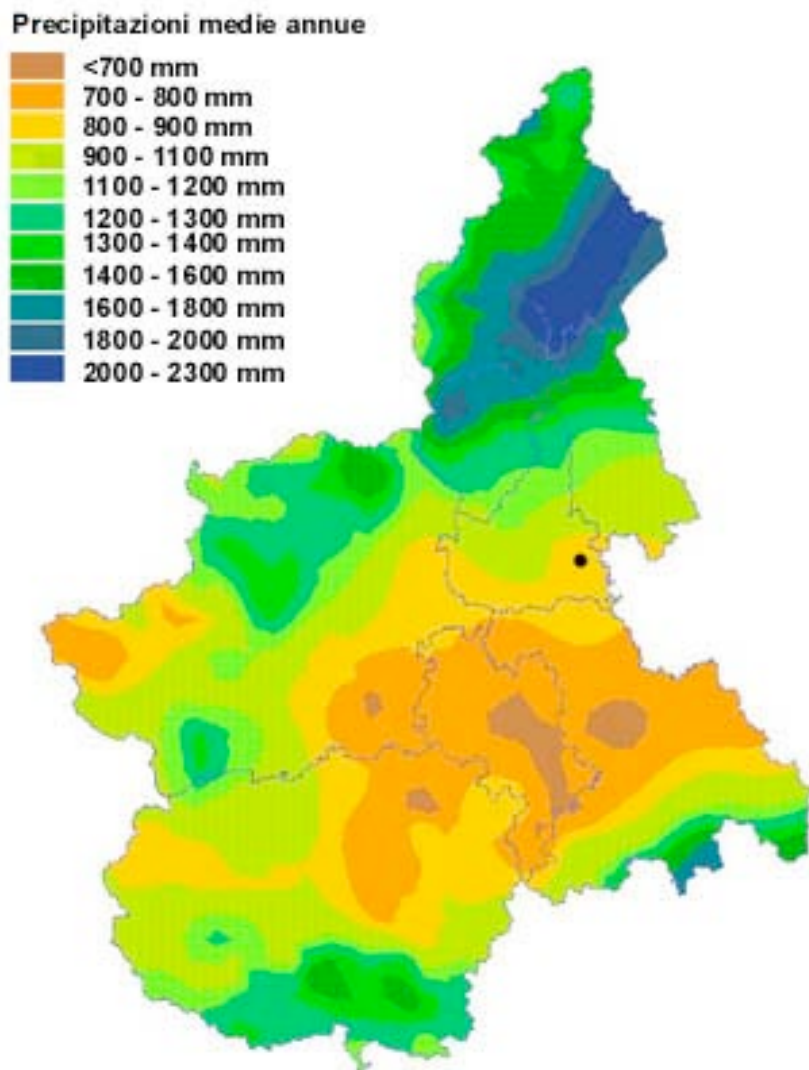
Come abbiamo già accennato sopra, per dimensionare l'impianto di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana, dobbiamo essere in possesso di alcune caratteristiche idrologiche dell'area di progetto.

Di fondamentale importanza sono le precipitazioni medie annue della città.

Osservando il cartogramma (realizzato dal CSI Piemonte)⁹ si può vedere come nella città di Vercelli la media annua di precipitazioni è di 800 – 900 mm/anno.

⁹ Sulla base dei dati pluviometrici contenuti nel volume 1 della collana *Studi climatologici in Piemonte, Distribuzione regionale di piogge e temperature*, Torino, 1998, curato dalla Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione della Regione Piemonte e dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino

F. 50 precipitazioni medie annue della regione Piemonte



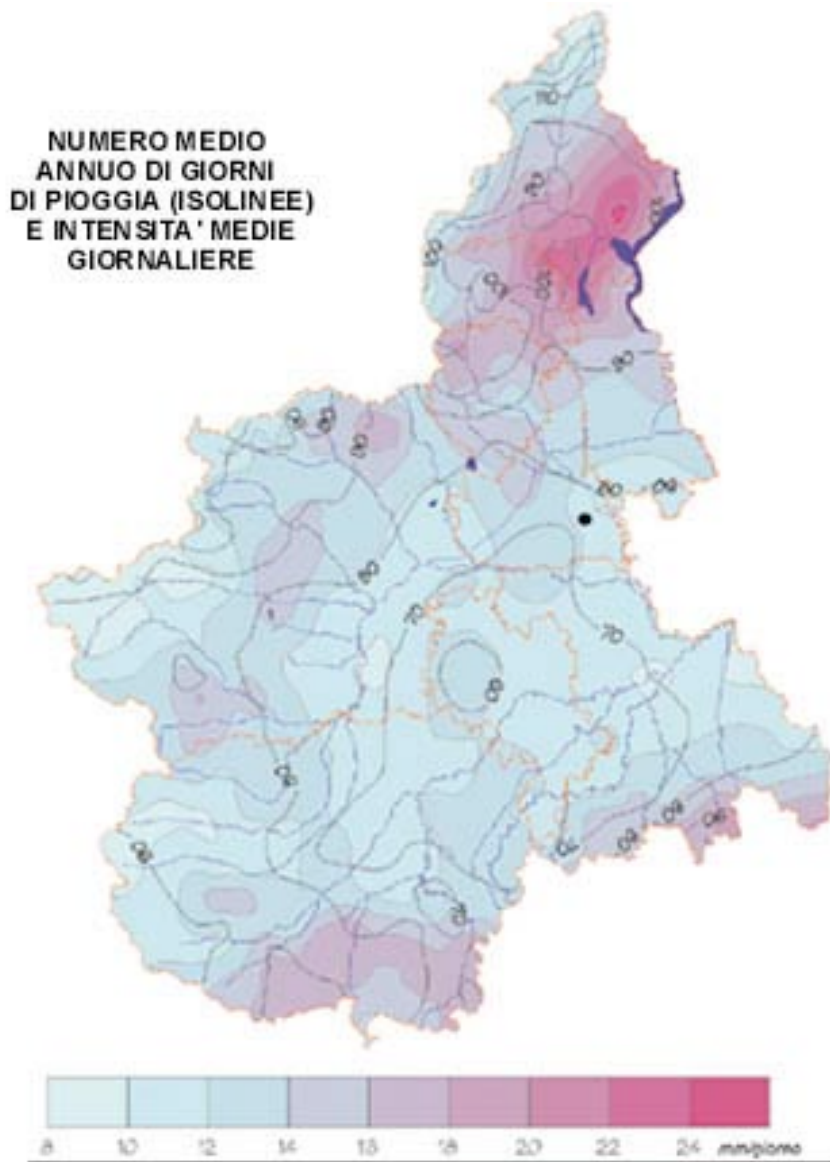
Nel secondo cartogramma è illustrato il numero medio annuo di giorni di pioggia (isolinee) e le intensità medie giornaliere di pioggia. Vercelli si colloca fra gli 80 – 90 giorni di pioggia all'anno¹⁰, mentre l'intensità media giornaliera si aggira intorno ai 12 – 16 mm/giorno.

La media dei giorni consecutivi senza pioggia nella città di Vercelli è di 29.¹¹

¹⁰ La media nazionale dei giorni di pioggia all'anno è di 70

¹¹ Fonte Arpa Piemonte

F. 51 media dei giorni consecutivi senza pioggia della regione Piemonte



Queste caratteristiche idrologiche permettono la realizzazione di un impianto di raccolta di acqua piovana con ottime prestazioni.

7.2.6.2 IL NOSTRO IMPIANTO

Le superfici di captazione prese in considerazione per la raccolta delle acque meteoriche sono: tutte le coperture degli edifici progettati, escluso i tetti verdi, la piazza compresa fra i due edifici e l'area carrabile posta a sud dell'edificio gradonato. L'acqua piovana, che cade su queste superfici impermeabili, viene incanalata attraverso leggere pendenze del suolo e raccolta in apposite griglie che sono state poste ai margini degli edifici e al centro della piazza.

Il sistema di raccolta è composto da: griglia/tubo pluviale, filtro autopulente, rallentatore d'ingresso acqua piovana, serbatoio interrato, sensore di livello minimo, galleggiante per aspirazione acqua ad altezza controllata, pompa di pescaggio, troppo pieno ed espulsione impurità galleggianti, valvola di non ritorno e barriera antiratto, centralina di controllo, filtro a cartuccia e condotta d'immissione dell'acqua piovana alle vaschette dei wc e alle lavatrici.

Questi ultimi sono allacciati ad un "doppio impianto" (impianto idrico normale e impianto di riciclaggio) che permette il prelievo differenziato in relazione ai consumi e alla disponibilità delle riserve.

F. 52 schema della raccolta delle acque meteoriche nella nostra area di progetto



7.2.6.4 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO EDIFICIO *GREEN BUILDING*

T. 2 consumi idrici edificio *green building*

	Numero utenti	Litri al giorno	Totali litri al giorno	Giorni	Totali litri all'anno
Abitanti	62	200	12.400	365	4.526.000
Commercianti	16	30	480	300	144.000
Totale	78				4.670.000

T. 3 quantificazione dei carichi idraulici *green building*

Servizio	Numero utenti	Litri al giorno	Fonte: H ₂ O di pioggia	Giorni	Totale H ₂ O di pioggia all'anno
Wc	78	35	2.730	365	996.450
Lavatrice	24	*	261	365	95.265
Totale			2.991		1.091.715

* L'uso della lavatrice è calcolato per un uso medio di 3 volte a settimana ad appartamento (159 lavaggi all'anno). Il consumo di acqua piovana a lavaggio è di 25 litri, trattandosi di una lavatrice di classe A⁺⁺⁺.

- Bilancio idrico:

Stima delle precipitazioni:

800 – 900 mm annui

T. 4 determinazione della quantità annuale di acqua piovana captabile *green building*

Tipologia superficie	Precipitazione media annua (mm/anno)	Superficie di raccolta (m ²)	Coefficiente di deflusso	Efficacia del filtro	Totale di H ₂ O raccolta (litri/anno)
Tetto verde	900	735	0,4	0,95	251.370
Tetto spiovente in metallo	900	364	0,95	0,95	295.695
Superficie lastricata	900	1.280	0,5	0,95	547.200
Totale		2.379			1.094.229

- Calcolo del volume del serbatoio:

(Volume medio utile x Periodo secco / Giorni anno)

1.091.715 litri x 29 giorni / 365 giorni = 86.739 litri / anno

T. 5 dimensione serbatoio¹² *blue building*

Volume (litri)	Diametro (cm)	Altezza (cm)	Lunghezza (cm)	Larghezza (cm)
40.000	243	287	900	265
50.000	243	287	1.116	265

7.2.6.4 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO EDIFICIO *BLUE BUILDING*

T. 6 consumi idrici edificio *blue building*

	Numero utenti	Litri al giorno	Totali litri al giorno	Giorni	Totali litri all'anno
Abitanti	71	200	14.200	365	5.183.000
Commercianti	8	30	240	300	72.000
Impiegati	6	50	300	300	90.000
Totale	85		14.740		5.345.000

¹² Per quanto riguarda le dimensioni del serbatoio per la raccolta dell'acqua piovana ci siamo riferiti alla ditta Vemar (sito: www.vemar.net)

T. 7 quantificazione dei carichi idraulici *blue building*

Servizio	Numero utenti	Litri al giorno	Fonte: H ₂ O di pioggia	Giorni	Totale H ₂ O di pioggia all'anno
Wc	85	35	2.975	365	1.085.875
Lavatrice	24	*	261	365	95.265
Totale			2.991		1.181.140

* L'uso della lavatrice è calcolato per un uso medio di 3 volte a settimana ad appartamento (159 lavaggi all'anno). Il consumo di acqua piovana a lavaggio è di 25 litri, trattandosi di una lavatrice di classe A⁺⁺⁺.

- Bilancio idrico:

Stima delle precipitazioni:

800 – 900 mm annui

T. 8 determinazione della quantità annuale di acqua piovana captabile *blue building*

Tipologia superficie	Precipitazione media annua (mm/anno)	Superficie di raccolta (m ²)	Coefficiente di deflusso	Efficacia del filtro	Totale di H ₂ O raccolta (litri/anno)
Tetto verde	900	204	0,4	0,95	69.768
Tetto spiovente in metallo	900	564	0,95	0,95	458.109
Superficie lastricata	900	1.530	0,5	0,95	654.075
Totale		2.298			1.181.952

- Calcolo del volume del serbatoio:

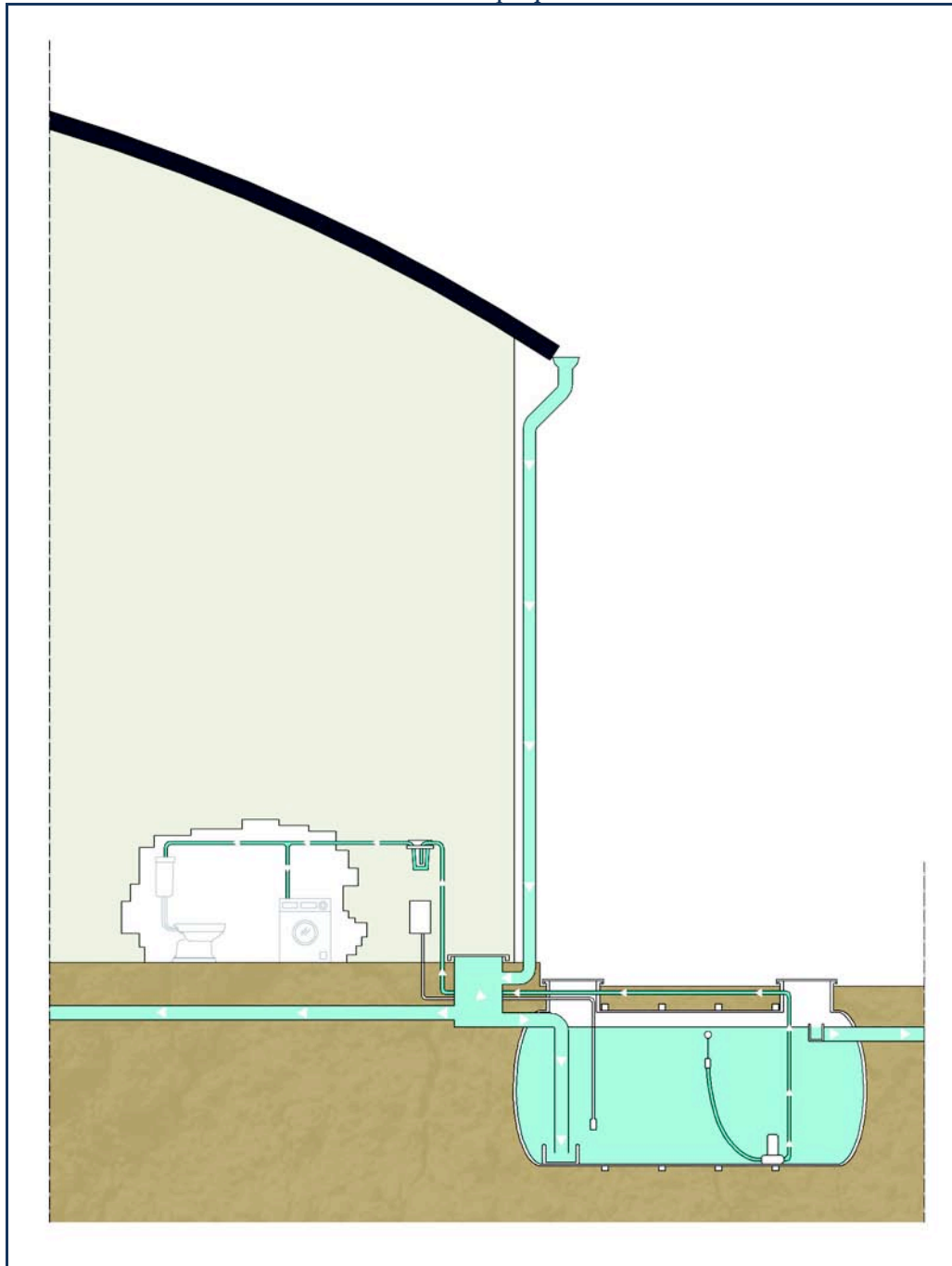
(Volume medio utile x Periodo secco / Giorni anno)

1.181.140 litri x 29 giorni / 365 giorni = 93.844 litri / anno

T. 9 dimensione serbatoio¹² *green building*

Volume (litri)	Diametro (cm)	Altezza (cm)	Lunghezza (cm)	Larghezza (cm)
50.000	243	287	1.116	265

F. 53 sezione schematica della raccolta dell'acqua piovana



¹² Per quanto riguarda le dimensioni del serbatoio per la raccolta dell'acqua piovana ci siamo riferiti alla ditta Vemar (sito: www.vemar.net)

7.3 FITODEPURAZIONE

La necessità di un crescente fabbisogno della risorsa acqua e l'esigenza della depurazione da inquinanti, sempre più pericolosi per la salute dell'uomo e per l'ambiente, dei reflui soprattutto di natura industriale e agricola, ha spinto la tecnologia, sollecitata anche da una nuova sensibilità di tipo ambientale, a cercare soluzioni efficaci per depurare l'acqua di scarico prima della reimmissione nel ciclo naturale.

Dagli anni '90, la ricerca si è orientata verso metodologie di trattamento che rispondono ad esigenze e caratteristiche tecniche “sostenibili”. Questo ha favorito il recente sviluppo di sistemi che non richiedono componenti meccanici complessi ed elevato consumo energetico, ma che tendono a sfruttare appieno la componente “naturale” che sta alla base di un qualsiasi sistema di depurazione. Si tratta di sistemi biologici, che si basano sulla fermentazione microbica.¹

Questo sistema è inteso anche come coltura guidata allo scopo di forzare il processo di assorbimento e mineralizzazione delle sostanze nutrienti presenti degli scarichi utilizzando energia raggiante. Tale processo viene realizzato coltivando piante acquatiche sulle acque di scarico.

La depurazione biologica è un processo che ha come principali protagonisti comunità di organismi viventi. Sia in ambiente naturale che artificiale, l'azione di popolazioni microbiche diverse cooperanti fra loro, porta alla degradazione delle sostanze inquinanti presenti nelle acque, attraverso processi di mineralizzazione e di raccolta in un materiale semisolido, che in seguito può essere separato dalle acque per sedimentazione. Le comunità di microrganismi, utili al processo di depurazione, è costituita da batteri e da una variegata microfauna, in parte già presenti nel liquame da trattare, in parte provenienti dall'ambiente circostante.

Lo sviluppo e la crescita di questa comunità biologica sono determinati dalla sostanza organica contenuta nel liquame da depurare; si forma, quindi, una catena alimentare del detrito, all'interno di ciò che può essere definito come un ecosistema artificiale.

¹ Pensa E., *Blu: progettare ecologicamente con l'acqua*, Maggioli Editore, Ravenna, 2009

L'utilità di questo metodo è chiaramente riscontrabile nella pluralità degli obiettivi che si vogliono perseguire:

- la valorizzazione dei processi naturali di depurazione che si realizzano nelle zone umide;
- lo sviluppo della logica del riciclaggio, chiudendo all'interno delle stesse aree di produzione i cicli dei nutrienti;
- messa a punto delle tecniche depurative a basso consumo energetico, di semplice conduzione e decentrate nel territorio.

Il principio di funzionamento degli impianti di fitodepurazione richiama il modello degli ECOSISTEMI APERTI, dove l'energia non entra solo sotto forma di energia raggiante, ma anche come *carboniosi ridotti* (scarichi) incidendo sul metabolismo ambientale.

7.3.1 LE ORIGINI DELLA FITODEPURAZIONE

Il trattamento dei reflui di scarico di origine domestica mediante fitodepurazione ha origini antiche.

Questa tecnica di depurazione era, infatti, conosciuta e culturalmente accettata già nell'antichità, in particolare nell'antica Grecia. Allora costituiva l'unico modo per assimilare e stabilizzare completamente i reflui nel suolo.

A Roma, a partire dal periodo imperiale, si era soliti scaricare la “cloaca massima” (così era denominato il sistema fognario della città) nelle paludi Pontine, al fine di sfruttarne il naturale potere autodepurante.

È stato possibile utilizzare questo metodo per il trattamento e lo smaltimento dei liquami finché la densità di popolazione si è mantenuta entro limiti contenuti. Quando l'espansione dell'urbanizzazione ha avviato un aumento sempre più considerevole del numero di abitanti per unità di superficie, è stato necessario implementare un metodo procedurizzato: lo spargimento dei liquami sul terreno è diventato una “tecnologia”.

Alla fine del XVIII secolo, in Inghilterra, Francia e Germania, si utilizzavano i liquami per irrigare grandi superfici di terreno, utilizzando il liquame stesso come fertilizzante.

In Italia, durante il XIX secolo, si applicò, nei terreni agricoli della pianura lombardo - piemontese, la tecnica della “marcita” (sistema a prato marcitoio), che trova le sue origini nel Medioevo.

A partire dall'inizio del XX secolo, il trattamento naturale delle acque reflue domestiche è stato progressivamente abbandonato.

Ciò si è verificato, essenzialmente, per i seguenti motivi:

- le sempre più spinte esigenze igienico - sanitarie dettate dalla legislazione e le crescenti concentrazioni, rilevate nelle acque reflue domestiche, di composti nocivi per il suolo e le colture (tensioattivi, metalli, sostanze organiche complesse);
- l'affermarsi della concimazione chimica;
- lo sviluppo di nuovi sistemi di depurazione (filtri percolatori, sistemi a fanghi attivi).

Recentemente, si è affermata la convinzione secondo cui gli impianti di depurazione tradizionali di tipo biologico risultino inadeguati per il trattamento dei reflui nel caso in cui questi provengano da piccoli nuclei urbani e rurali.

Di conseguenza, alcune tecniche di applicazione del liquame sul terreno (sistemi a scorrimento superficiale, prato marcitoio) sono state rivalutate e studiate in modo approfondito, al fine di verificare la possibilità di un inserimento degli stessi in una combinazione di vari sistemi di depurazione. Ciò potrebbe consentire l'ottenimento di rendimenti depurativi tali da permettere un sereno riutilizzo dell'acqua.

In particolare, è stata proposta l'applicazione delle tecniche in oggetto per il trattamento terziario dei liquami.

La fitodepurazione venne messa a punto intorno alla metà del XX secolo negli Stati Uniti, dove veniva utilizzata per controllare la diffusione di alcune piante acquatiche infestanti, quali il giacinto d'acqua, che, riproducendosi con grande rapidità, ricopriva completamente alcuni specchi acquei impedendo navigazione e attività ricreative.

Il giacinto d'acqua non è originario delle Americhe, ma si diffuse nell'area centro - meridionale del continente nei primi anni del '900, quando, nell'ambito di un'esposizione internazionale alcuni espositori giapponesi offrirono ai visitatori una piantina di giacinto d'acqua in omaggio. *L.Eichornia Crassipes* (nome scientifico del giacinto d'acqua), se

posta in ambiente favorevole, si riproduce ad elevata velocità, riossigenando le acque in cui vive.

L'ente spaziale americano (Nasa) avviò una sperimentazione, nell'ambito di progetti per l'autosostentamento dei voli spaziali, che portarono a ricadute pratiche negli studi sugli impianti di fitodepurazione dei reflui civili.

Successivamente, l'utilizzo della fitodepurazione si estese ad altri Paesi.¹³

7.3.2 VANTAGGI DELLA FITODEPURAZIONE

I costi di depurazione delle acque di scarico nelle zone rurali, mediante impianti biologici tradizionali, sono sempre notevolmente alti. Gli impianti di fitodepurazione rappresentano pertanto un'ottima alternativa, rispettosa dell'ambiente e vantaggiosa sotto il profilo economico.

I vantaggi legati all'applicazione di sistemi di fitodepurazione sono molteplici:

- ridotta e facile manutenzione, eseguibile anche da personale non specializzato;
- realizzazione di un'area verde perennemente irrigata ed esteticamente piacevole;
- assenza di insetti molesti e cattivi odori;
- possibilità di riuso dell'acqua depurata, ancora ricca di nutrienti, per innaffiare orti e giardini o per alimentare fontane con pesci o, ancora, da impiegarsi come acqua non potabile all'interno delle abitazioni.

A proposito di quest'ultimo aspetto, occorre sottolineare come, nell'ultimo secolo, si sia registrata, in diverse regioni urbanizzate del mondo, un aumento notevole dell'esigenza di un riutilizzo dell'acqua, per motivazioni di carattere ambientale, economico e sociale.

Nelle economie sviluppate, l'esigenza di riutilizzare l'acqua è maggiormente sentita a livello ambientale a causa degli sbarramenti e delle deviazioni dei corsi d'acqua che ne indirizzano minori quantitativi al consumo umano.

A ciò si aggiungono considerazioni di carattere economico e finanziario derivanti dalla consapevolezza della limitatezza delle risorse idriche.

¹³ Tratto da: www.laica.net

Un altro risvolto ambientale ed economico nella gestione dell'acqua è la possibile riduzione del consumo di energia che si otterrebbe riducendo il pompaggio di acque potabili e reflue attraverso le zone urbanizzate mediante l'applicazione di tecnologie localizzate di recupero.

7.3.3 RIUSO DELL'ACQUA TRATTATA

Le acque reflue, come le acque di pioggia citate nel (*vedi paragrafo 7.2*), possono essere riutilizzate in tutti i casi in cui non sono richieste acque potabili, sia a scala di edificio (come acque di scarico) sia a scala urbana. Tra queste si possono elencare le acque per il raffreddamento, per le alimentazioni di circuiti termici, per i processi industriali, oltre alle acque per irrigazione.

7.3.4 ORGANISMI PRESENTI NEL SISTEMA DI FITODEPURAZIONE

Nell'ambito dell'ecosistema che si instaura in una zona umida costruita, si possono distinguere:

- la fauna acquatica;
- la vegetazione acquatica.

La fauna acquatica è costituita da:

- organismi inferiori (batteri, zooplancton), quasi tutti invisibili ad occhio nudo;
- organismi superiori (pesci).

Le presenza o meno delle varie specie di organismi viventi è funzione di diversi parametri, quali:

- le condizioni climatiche;
- la carica organica;
- la profondità del bacino.

La vegetazione acquatica è costituita da:

- alghe (microfite);
- macrofite.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle principali specie presenti e delle relative caratteristiche.¹⁴

7.3.4.1 FAUNA ACQUATICA

- *I batteri*: sono organismi microscopici aventi diametro compreso tra 0,3 e 2 μ m e lunghezza compresa tra 0,3 e 100 μ m, per lo più unicellulari, a struttura semplicissima: la parete cellulare racchiude il citoplasma, avvolto dalla membrana cellulare, all'interno del quale è contenuto un unico cromosoma privo di membrana nucleare. Talora hanno ciglia e flagelli, che ne consentono il movimento.

A seconda della forma, i batteri possono essere:

- cocci (sferici);
- bacilli (a bastoncino);
- vibrioni (a virgola);
- spirilli (a spirale).

I batteri possono essere distinti anche in:

- strettamente aerobi: vivono e si sviluppano in un ambiente ricco di ossigeno disciolto;
- strettamente anaerobi: si sviluppano in un ambiente privo di ossigeno disciolto, ricavando l'energia necessaria dalla scissione di composti organici;
- facoltativi: possono vivere sia in presenza sia in assenza di ossigeno disciolto.

Un'altra suddivisione dei batteri li distingue in:

- saprofiti: si nutrono a spese di organismi morti o di sostanze organiche in decomposizione. I saprofiti si dividono in: autotrofi (sono in grado di elaborare le sostanze organiche necessarie alla propria nutrizione partendo

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente.*, Il Sole 24 ore, Milano, 2002

da sostanze inorganiche) e eterotrofi (devono nutrirsi con sostanze organiche sintetizzate da altri esseri viventi).

- parassiti: si sviluppano a spese di un altro organismo ospite, utilizzando sostanze da esso prodotte e trasformandole in sostanze più semplici.

I batteri si riproducono agamicamente per scissione con grande rapidità.

Diffusi ovunque, sono di fondamentale importanza nei processi di decomposizione dimateriale organico.

- *Lo zooplancton*: è il complesso degli organismi animali che vivono sospesi e quasi fermi nelle acque. Assume un'importanza fondamentale nei diversi processi di depurazione biologica naturale.

I principali organismi facenti parte dello zooplancton sono:

- I protozoi: organismi unicellulari aventi dimensioni comprese in un ampio range ($10 \div 100 \mu\text{m}$), che si nutrono di sostanze organiche sia solubili sia insolubili, in particolare anche di batteri. Sono poco sensibili alle basse temperature e costituiscono l'unico zooplancton effettivamente presente nelle lagune durante i mesi invernali. Sembra che i protozoi siano presenti in abbondanza anche durante le altre stagioni e che, pertanto, la loro dinamica non dipenda dal susseguirsi delle stagioni. La presenza di protozoi negli impianti di depurazione biologica naturale provoca una riduzione della concentrazione di batteri e di sostanze organiche corpuscolari presenti nelle lagune, contribuendo così all'ottenimento di effluenti molto limpidi e di elevata qualità.

La presenza di molti protozoi nei sistemi di depurazione è, pertanto, indicatore di un'elevata efficienza di depurazione.

- I rotiferi: sono microscopici organismi pluricellulari di dimensioni comprese tra 40 e $80 \mu\text{m}$ che filtrano attivamente il fitoplancton. Sono muniti di due corone di ciglia vibratili attorno alla bocca che servono anche alla locomozione. Solitamente si sviluppano in ambienti particolarmente ricchi di ossigeno, ma sono anche in grado di adattarsi ad ambienti caratterizzati da concentrazione molto bassa di ossigeno disciolto. La dinamica dei rotiferi dipende dal succedersi delle stagioni; infatti, sono

presenti in maggiori quantità durante il periodo estivo. Come i protozoi, contribuiscono a rendere particolarmente limpido l'effluente.

- *I pesci*: sono numerose le specie di vertebrati acquatici presenti all'interno dei sistemi di fitodepurazione che partecipano attivamente al processo di depurazione, inserendosi all'apice della catena alimentare.¹⁴

7.3.4.2 VEGETAZIONE ACQUATICA

- *Le alghe*: sono forme vegetali autotrofe costituite dal solo tallo. Vivono in acqua e nei terreni umidi e spesso in simbiosi con altri organismi. La loro varietà è enorme. Nelle lagune sono presenti principalmente le seguenti specie:

- cianoficee (alghe blu);
- cloroficee (alghe verdi);
- diatomee.

Hanno spesso dimensioni microscopiche (microalghe o microfite); in tal caso costituiscono il fitoplancton. Sono dotate di clorofilla, che permette la sintesi delle sostanze organiche a partire dalle sostanze minerali e dall'anidride carbonica, in presenza di luce (fotosintesi), producendo ossigeno.

Le alghe più comunemente coltivate nelle zone umide costruite sono:

- la *Chlorella* (Cloroficee): è costituita da piccole cellule singole di diametro pari a circa 15 μ m, sferiche od ovali, ognuna dotata di un unico grande plastidio verde a forma di tazza;
- la *Coelastrum* (Cloroficee): è costituita da colonie sferiche di diametro pari a 150 μ m, formate da molte cellule ovali o sferiche, unite mediante la parete cellulare o tramite puntelli simili a fili;
- la *Scenedesmus* (Cloroficee): è costituita da piccole colonie di 4 o 8 cellule, di forma assai varia. Le singole cellule hanno dimensioni massime di 20 μ m. È una specie molto comune;
- la *Spirulina* (Cianoficee): è costituita da filamenti esili di diametro pari a 1÷15 μ m, avvolti a spirale in una forma determinata ma diversa da specie a specie.

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

- *Macrofite emergenti*: le macrofite radicate emergenti sono più comunemente utilizzate nelle lagune a macrofite e sono scelte in funzione delle caratteristiche del luogo e degli obiettivi di depurazione. Le principali sono:
 - *Phragmites communis e australis* (Canna di palude): sono piante presenti ovunque nel nostro Paese, dalla costa marina alla zona subalpina e in parte alpina. Possono raggiungere i 4 metri di altezza. Fioriscono tra agosto e ottobre con pannocchie rade di colore grigio-bruno o grigio-viola. I fusti permangono durante l'inverno come canne resistenti. Crescono con maggiore rapidità rispetto allo *Scirpus* e le loro radici penetrano nel terreno a maggiori profondità rispetto alla *Typha*. Inoltre, a differenza delle due specie citate, non costituiscono fonte di cibo per i ratti e le nutrie. L'utilizzo delle *Phragmites* in Europa è molto diffuso grazie alla ridotta necessità di manutenzione. Permettono ottimi rendimenti depurativi per quanto riguarda BOD5 (Biochemical Oxygen Demand), solidi sospesi e carica microbiologica; la rimozione di azoto e fosforo è invece più contenuta, ma comunque soddisfacente. L'efficienza di depurazione di queste piante rimane elevata anche durante la stagione invernale: è stata registrata, infatti, una escursione dell'efficienza di rimozione pari a 20÷30%.

F. 54 *phragmites communis e australis*



- *Typha angustifolia e latifolia* (Mezzesorde): queste piante raggiungono i 2 metri di altezza; hanno foglie lineari e di larghezza pari a 10÷20 mm.

Fioriscono tra luglio e agosto. I fiori maschili, di colore giallo opaco, sono disposti in una spiga compatta posta sopra la spiga a sigaro dei fiori femminili, di colore marrone.

Sono adatte a zone acquatiche di limitata profondità, dato che il loro apparato radicale può raggiungere una profondità massima pari a circa 30 cm, mentre le *Phragmites* e il *Scirpus* raggiungono profondità pari, rispettivamente, a 60 cm e 76 cm circa. Le *Typha* consentono di raggiungere buoni rendimenti di depurazione. Tollerano carichi organici piuttosto elevati.

F. 55 typha angustifolia e latifolia



- *Scirpus lacustris* (Giunco di palude): sono piante piuttosto imponenti, di altezza pari a circa 3 m, aventi sezione circolare. Hanno foglie nastriformi sommerse. Fioriscono tra giugno e agosto. I fiori sono disposti in infiorescenze fitte di spighe di colore rosso-bruno, ovoidali, poste al vertice degli steli. Vivono in bacini abbastanza profondi e mantengono un'attività vegetativa a livello fogliare anche durante la stagione invernale, per cui l'efficienza depurativa dovrebbe mantenersi costantemente elevata. Presentano, però, lo svantaggio di una limitata resistenza a forti carichi organici.

F. 56 *scirpus lacustris*



- *Iris pseudoacorus* (Giaggioli acquatici): fioriscono da maggio ad agosto. Hanno foglie ampie, a forma di spada, e fiori gialli e appariscenti. Consentono buoni rendimenti depurativi nei confronti dei principali inquinanti. Presentano, però, una bassa resistenza a forti carichi organici.

F. 57 *iris pseudoacorus*



Le macrofite radicate emergenti sopra menzionate presentano alcune caratteristiche comuni che le rendono particolarmente funzionali alla depurazione:

- una buona capacità di crescita in terreni di varia natura e granulometria saturi o sommersi dall'acqua;

- una buona capacità di crescita in acque mediamente basse con un flusso lento;
 - un'ampia diffusione in aree con differenti caratteristiche climatiche;
 - una buona resistenza ai carichi organici anche elevati e ad eventuali sostanze tossiche presenti nei reflui;
 - una notevole capacità di assorbire ed immagazzinare nutrienti (C, N, P), dovuta principalmente, in misura pari o superiore al 65%, alle parti sommerse delle dei nutrienti, dato che l'apparato radicale-rizomatoso non conosce periodo di senescenza, essendo costantemente attivo;
 - un notevole sviluppo dell'apparato rizomatoso e radicale che, penetrando progressivamente in profondità nel medium di crescita, fornisce un'ampia superficie di contatto alle acque reflue destinate al trattamento. Questa caratteristica è importante soprattutto per i sistemi sommersi;
 - la presenza di grossi vasi per il trasporto dei gas che conferisce a queste piante (rizomi e radici) e in misura minore alle parti aeree (foglie e steli). Questa caratteristica si traduce in un considerevole vantaggio nei sistemi di fitodepurazione: infatti le parti aeree, che nel periodo di senescenza cadono e possono pertanto rilasciare al sistema i nutrienti immagazzinati, contengono una quantità trascurabile di questi elementi rispetto all'ammontare che viene rimosso per altra via; le parti sommerse, invece, aventi una maggiore capacità di assorbimento, rappresentano un importante sito di immagazzinamento definitivo una buona efficienza nel trasferimento dell'ossigeno dalle parti aeree a quelle sommerse. I vasi hanno anche la funzione di trasportare dai sedimenti all'aria quei gas (CO_2 , CH_4 , N_2) che si formano nei sedimenti e che devono ritornare all'aria.
- *Macrofite galleggianti*: quelle più comunemente utilizzate nei processi di fitodepurazione sono:
 - *Lemnacee* (Lenticchie d'acqua): sono piante diffuse ovunque. Comprendono quattro generi e oltre 35 specie diverse. La maggior parte di tali specie cresce tipicamente nelle zone temperate; tuttavia, se ne ritrovano anche in habitat tropicali o subtropicali, oltre che in climi freddi. In Italia crescono spontaneamente, ricoprendo vaste superfici di acque stagnanti

(laghi, risaie, canali). Nei sistemi di fitodepurazione formano un esteso tappeto verde che deve essere mantenuto, eventualmente mediante estrazione delle piante, al fine da evitare un accumulo che provocherebbe gravi danni all'equilibrio del sistema. Permettono di conseguire un ottimo rendimento nei confronti dei solidi sospesi e, in ogni stagione, un significativo abbattimento del carico organico e dei sali minerali (P, N), come dimostrano, ad esempio, le esperienze condotte su impianti pilota a Mèze (Herault, Francia). Negli Stati Uniti l'utilizzo delle Lemnacee è stato applicato su larga scala, sia per il disinquinamento di fiumi e laghi, sia per il trattamento di reflui urbani e agro-industriali, ed ha permesso di ottenere ottimi risultati, certificati dall'organismo federale di controllo ambientale (EPA).

L'ampia diffusione di questa tipologia depurativa ha condotto alla definizione di uno schema tipo di intervento denominato "Lemna System", coperto da brevetto internazionale.

Fra le diverse specie di lenticchie d'acqua, si citano le seguenti:

- la Lemna minor: piana, di spessore pressoché nullo, avente una sola radice. È la specie maggiormente diffusa;
- la Lemna gibba: bombata, di spessore evidente, avente una sola radice; la superficie della faccia inferiore è spugnosa. È una specie molto comune;
- la Lemna triscula: costituita da individui lanceolati, accostati a gruppi di 3 o 4; ha una sola radice. È una specie molto comune;
- la Lemna polyrrhiza: ha lunghezza pari a 4÷8 mm; ha nervature ben visibili sulla faccia superiore e possiede più radici al di sotto di ciascuna lenticchia. È una specie molto comune;
- la Wolffia arrhiza: una specie rara, di dimensioni molto limitate (0,5÷1 mm), di forma quasi emisferica; non ha radici.

F. 58 lemnacee



- *Eichhornia Crassipes* (giacinti d'acqua): sono particolarmente utilizzate nei climi tropicali o, nel periodo estivo, nei climi temperati. Permettono di conseguire ottimi rendimenti depurativi nell'abbattimento delle principali sostanze inquinanti, quali solidi sospesi, sostanze organiche, nutrienti, metalli pesanti, carica microbiologica.¹⁴

F. 59 eichhornia crassipes



¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

7.3.5 TECNICHE DI FITODEPURAZIONE

Le tecniche di fitodepurazione possono essere classificate in base alla prevalente forma di vita delle macrofite che vengono utilizzate (Brix 1993):

- **Sistemi a macrofite galleggianti** (Lemna, Giacinto d'acqua,...);
- **Sistemi a macrofite radicate sommerse** (Elodea,..);
- **Sistemi a macrofite radicate emergenti** (Fragmiti, Tife, ecc.);
- **Sistemi multistadio** (combinazioni delle tre classi precedenti tra loro o con interventi a bassa tecnologia come, ad esempio, i lagunaggi o i filtri a sabbia).

I sistemi a macrofite radicate emergenti possono subire una ulteriore classificazione dipendente dal cammino idraulico delle acque reflue:

- Sistemi a flusso superficiale (**FWS: Free Water System**);
- Sistemi a flusso sommerso orizzontale (**SFS-h o HF: Subsurface Flow System - horizontal**);
- Sistemi a flusso sommerso verticale (**SFS-v o VF: Subsurface Flow System - vertical**).

La tecnica maggiormente adottata a livello europeo è il flusso sommerso orizzontale (SFS-h o HF), la cui conoscenza risulta quindi adeguatamente approfondita in termini di rendimenti nelle varie situazioni, ambientali e progettuali, e di comportamento nel tempo. Infatti, i sistemi a flusso subsuperficiale sono i più utilizzati per più di un motivo: il refluo è sempre al di sotto della superficie, quindi ha efficienza costante in qualsiasi stagione, anche con temperature invernali fino a meno 10 gradi centigradi; lo spazio è contenuto e ha una maggiore adattabilità. La differenza fra i due sistemi subsuperficiali è lo scorrimento del refluo nelle vasche: nel SFV-h, il percorso del fluido è orizzontale, garantito da una leggera pendenza della vasca; nel SFV-v, si sfrutta il principio di percolamento verticale.¹⁴

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

7.3.5.1 SISTEMI A FLUSSO SUPERFICIALE (FWS)

I sistemi con macrofite emergenti a flusso superficiale sono utilizzati in Europa da oltre 30 anni.

I sistemi FWS consistono in vasche o canali dove la superficie dell'acqua è esposta all'atmosfera ed il suolo, costantemente sommerso, costituisce il supporto per le radici delle piante emergenti; il flusso è orizzontale e i bacini sono poco profondi ma molto estesi.

In questi sistemi i meccanismi di abbattimento riproducono esattamente tutti i fattori in gioco nel potere autodepurativo delle zone umide.

I bacini o canali in cui vengono realizzati tali sistemi sono opportunamente impermeabilizzati mediante materiale sintetico o idoneo materiale inerte, in cui viene immesso il terreno di crescita per la vegetazione.

Le essenze comunemente utilizzate appartengono alle specie:

- Phragmites;
- Typha;
- Scirpus.

Il livello del refluo da depurare viene mantenuto a un'altezza pari a circa 30÷60 cm.

La velocità di scorrimento all'interno delle vasche è bassa al fine di assicurare un adeguato tempo di ritenzione, che dovrebbe essere mantenuto tra un minimo di 7 e un massimo di 14 giorni. Esistono delle difficoltà, per questo tipo di sistema, causate dalle variazioni di temperatura dovute sia alla stagione invernale, dove vi può essere una riduzione dell'efficienza, sia alla stagione estiva che causa la formazione di cattivi odori e la presenza di insetti.

Le vasche sono caratterizzate da un elevato rapporto lunghezza / larghezza (superiore a 10) allo scopo di ottenere una condizione “plug-flow” e minimizzare i rischi di corto circuito nei reflui da trattare.

La depurazione si attua grazie al lungo tempo di contatto tra acqua, piante e medium (lettiera).

Questi ultimi assicurano un substrato di crescita per la flora microbica adesa, principale responsabile della depurazione.

I dati disponibili sull'applicazione di questi impianti in Europa sono abbastanza scarsi e riguardano prevalentemente gli impianti più grandi, mentre ben poco risulta in letteratura sulle applicazioni in piccola scala (come il trattamento dei reflui domestici per case isolate o piccole comunità) che sono invece abbastanza diffuse in alcuni paesi (Francia, Paesi Bassi, ...).¹⁴

7.3.5.2 SISTEMI A FLUSSO SOMMERSO ORIZZONTALE (SFS-h o HF)

I sistemi di fitodepurazione SFS-h o HF (flusso sommerso orizzontale) sono stati sviluppati per la prima volta nella Germania Occidentale nel 1970 dal Max Planck Institute e successivamente adottati in altri paesi europei e negli Stati Uniti.

Questi sistemi sono costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare una adeguata conducibilità idraulica.

I letti sono scavati per una profondità pari a circa 70÷80 cm.

Il fondo delle vasche deve essere opportunamente impermeabilizzato, al fine di evitare indesiderate percolazioni nel sottosuolo, facendo uso di uno strato di argilla, possibilmente reperibile in loco, in idonee condizioni idrogeologiche, o, come più comunemente accade, di membrane sintetiche (HDPE o LDPE 2 mm di spessore).

Come mezzi di riempimento possono essere utilizzati principalmente due tipi di substrati:

- materiale inerte (sabbia, ghiaia, pietrisco);
- terreno vegetale.

Generalmente, viene preferito il materiale inerte (di solito pietrisco calcareo) in quanto comporta minori problemi idraulici per il sistema poiché, essendo caratterizzato da una conducibilità idraulica più elevata (superiore a 0.001 m s⁻¹), riduce il pericolo di intasamento del letto provocato dai solidi sospesi.

Ancora oggi, tuttavia, non esiste certezza su quale sia il materiale più adatto per la composizione del letto, per quanto riguarda sia la composizione, sia la granulometria.

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

I mezzi di riempimento costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante emergenti.

L'essenza più comunemente utilizzata è la *Phragmites*, ma possono essere impiegate anche le altre elofite citate precedentemente (*Scirpus*, *Typha*, *Iris*).

Per la distribuzione del refluo possono essere scelte soluzioni impiantistiche diverse:

- immissione mediante un tubo forato posto trasversalmente in testa alla vasca allo scopo di assicurare una distribuzione uniforme nella sezione trasversale del letto;
- immissione diretta “a cascata” in una gabbionatura posta all'inizio del letto, riempita con ciottoli di elevato diametro;
- adozione di tubi di distribuzione muniti di giunti a T che rendono possibile, mediante una prima regolazione delle reciproche inclinazioni rispetto al piano vasca, una più accurata e uniforme distribuzione del refluo.

Nel tratto iniziale e in quello finale della vasca, per una lunghezza pari a circa 1 metro, viene introdotto un ghiaione grossolano, o roccia frantumata, per favorire ulteriormente la distribuzione uniforme del refluo nella vasca.

Il fondo del bacino ha generalmente una leggera pendenza verso valle, non superiore al 3÷4%.

Il flusso di acqua rimane costantemente al di sotto della superficie del vassoio assorbente e scorre in senso orizzontale grazie alla pendenza del fondo del letto.

Il tubo di uscita consiste solitamente in un manicotto regolabile allo scopo di mantenere l'altezza del refluo nella vasca sempre al di sotto della superficie del medium, in modo che non si verifichi scorrimento superficiale.

Durante il passaggio dei reflui attraverso la rizosfera delle macrofite, la materia organica viene decomposta dall'azione microbica, l'azoto viene denitrificato, se in presenza di sufficiente contenuto organico, il fosforo e i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento.

I contributi della vegetazione al processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di una efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione

di una alternanza di zone aerobiche, anossiche ed anaerobiche con conseguente sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto. I sistemi a flusso sommerso assicurano una buona protezione termica dei liquami nella stagione invernale, specie nel caso si possano prevedere frequenti periodi di copertura nevosa.¹⁴

7.3.5.3 SISTEMI A FLUSSO SOMMERSO VERTICALE (SFS-v o VF)

La configurazione di questi sistemi è del tutto simile a quelli appena descritti. La differenza consiste nel fatto che il refluo da trattare scorre verticalmente nel medium di riempimento (percolazione) e viene immesso nelle vasche con carico alternato discontinuo, mentre nei sistemi SFS-h si ha un flusso a pistone, con alimentazione continua.

L'immissione del refluo avviene fino a completo riempimento; successivamente, un sistema di uscita a sifone determina il completo svuotamento della vasca, con conseguente richiamo di aria all'interno del medium di crescita delle piante.

Questa metodologia con flusso intermittente (reattori batch) implica l'impiego di un numero minimo di due vasche in parallelo per ogni linea che funzionano a flusso alternato, in modo da far coincidere la fase di riempimento di una vasca con quella di svuotamento dell'altra.

È possibile regolare i tempi di riossigenazione del letto variando frequenza e quantità del carico idraulico in ingresso, mediante l'adozione di dispositivi a sifone autoadescante opportunamente dimensionati.

Le essenze impiegate sono le medesime dei sistemi a flusso orizzontale.

Il medium di riempimento si differenzia invece dai sistemi a flusso orizzontale in quanto non si utilizza una granulometria costante per tutto il letto, ma si dispongono alcuni strati di ghiaie di dimensioni variabili, partendo da uno strato di sabbia alla superficie per arrivare allo strato di pietrame posto sopra al sistema di drenaggio sul fondo.

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

Questi sistemi, ancora relativamente nuovi nel panorama della fitodepurazione ma già sufficientemente validati, hanno la prerogativa di consentire una notevole diffusione dell'ossigeno anche negli strati più profondi delle vasche, giacché la diffusione di questo elemento è circa 10.000 volte più veloce nell'aria che nell'acqua, e di alternare periodi di condizioni ossidanti a periodi di condizioni riducenti: ciò favorisce particolarmente la rimozione di azoto e fosforo.

I tempi di ritenzione idraulici nei sistemi a flusso verticale sono abbastanza brevi; la sabbia superficiale diminuisce la velocità del flusso, il che favorisce sia la denitrificazione sia l'adsorbimento del fosforo da parte della massa filtrante.

I fenomeni di intasamento superficiale, dovuti al continuo apporto di solidi sospesi, sono auspicati per un primo periodo, in quanto favoriscono la diffusione omogenea dei reflui su tutta la superficie del letto, mentre devono essere tenuti sotto controllo nel lungo periodo onde evitare formazioni stagnanti nel sistema.

Le esperienze estere (de Maeseneer, 1997) su tali sistemi mostrano comunque che non si rilevano fenomeni di intasamento quando si utilizza una alimentazione discontinua inferiore al carico idraulico massimo del sistema con frequenza costante e quando si ha adeguato sviluppo della vegetazione (l'azione del vento provoca infatti sommovimenti della sabbia nella zona delle radici e intorno al fusto, contrastando i fenomeni occlusivi).¹⁴

7.3.5.4 SISTEMI COMBINATI

In molti casi, l'applicazione di uno soltanto dei sistemi di fitodepurazione sopra descritti si rivela non sufficiente per un trattamento efficace delle acque reflue.

Recentemente le nuove configurazioni impiantistiche prevedono spesso l'utilizzo di sistemi combinati e propongono l'abbinamento di sistemi HF a sistemi VF, sia per la riduzione delle aree superficiali necessarie al raggiungimento degli obiettivi della depurazione, sia per migliorare alcuni processi depurativi come l'abbattimento dell'azoto e del fosforo.¹⁴

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

7.3.6 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO

I trattamenti di fitodepurazione sono sistemi “ingegnerizzati” progettati per simulare una zona umida naturale allo scopo di depurare le acque reflue. Sono sistemi di tipo biologico in cui avvengono complesse interazioni fisiche, chimiche e microbiologiche.

Sebbene la scelta del substrato da utilizzare assieme ai calcoli idraulici e al dimensionamento possano sembrare a prima vista molto semplici, tuttavia le funzioni ecologiche sono molto complesse e molto sensibili a un dimensionamento errato.

Questa falsa semplicità progettuale porta a numerosi e inevitabili errori quando la si vuole legare a modelli di progettazione generali che non tengano conto dei contesti ambientali e operativi in cui si deve intervenire. Per la progettazione, il dimensionamento e la realizzazione degli impianti sarebbe opportuno che fossero consultati tecnici esperti nel trattamento delle acque reflue, con competenze non solo nel campo dell'ingegneria idraulica ma anche in campo biologico.¹⁴

7.3.6.1 CARICO ORGANICO ED INQUINANTI

Nel caso non siano disponibili dati reali, nel dimensionamento dell'impianto si dovrà prevedere una portata di sole acque nere di 200 l/g per abitante equivalente (AE) ed un carico idrico orario massimo pari ad 1/5 del carico giornaliero. Per ciascun AE si prevede una quantità di inquinanti in ingresso ai letti fitodepuranti (dopo pretrattamento) di 60 g BOD/g, di 12 g TKN/g e 1,5 g P/g.

Nel caso in cui l'afflusso fosse irregolare (es. strutture ricettive, luoghi di aggregazione, località turistiche ecc.) si considera nel dimensionamento il massimo carico idraulico orario, la durata e la frequenza dei singoli afflussi: l'effetto dovrebbe essere attenuato costruendo vasche di equalizzazione.¹⁴

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

7.3.6.2 SCELTA DEL SITO E IMPATTO AMBIENTALE

Gli impianti sono da realizzare in modo da minimizzare l'impatto ambientale, così come cattivi odori, insetti e contaminazioni della falda.

Sono da evitare posizioni particolarmente sfavorevoli da un punto di vista microclimatico (es. forte ombreggiatura) e/o idrogeologico.

Deve essere assicurata la possibilità d'accesso per la manutenzione e per la rimozione dei fanghi dal primo stadio di trattamento (fossa settica). Bisogna inoltre tenere conto della possibilità di un futuro ampliamento dell'impianto.

Sono da valutare con attenzione le installazioni in zone con terreno a forte pendenza in quanto possono complicare la realizzazione dell'impianto.

L'accesso all'impianto deve essere, se necessario, recintato previa apposita segnalazione.

Gli impianti a flusso superficiale presentano condizioni che possono favorire la presenza di insetti. Tale rischio è praticamente inesistente negli impianti a flusso subsuperficiale.

Occorre evitare la contaminazione della falda ponendo particolare cura all'impermeabilità naturale od artificiale delle vasche. Se si vuole evitare l'impermeabilizzazione occorre verificare la permeabilità dei suoli e la distanza minima dal livello di falda.

Non è consentito immettere nell'impianto acque meteoriche, di superficie, di drenaggio, di falda e di raffreddamento, né acque di svuotamento di piscine ecc. La canalizzazione fino all'impianto deve quindi seguire la metodica di separazione delle acque di rifiuto (nere) dalle meteoriche.¹⁴

7.3.6.3 PRINCIPALI CRITERI DI PROGETTO

I principali criteri di progetto per zone umide costruite FWS sono:

1. *tempo di ritenzione*: per calcolare il tempo di ritenzione richiesto può essere utilizzata una cinetica del primo ordine. Il tempo di ritenzione necessario per la rimozione del BOD può essere calcolato utilizzando la seguente relazione:

$$C_e / C_o = \exp [-k_{RT}]$$

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

dove:

C_e = BOD nell'effluente [mg l-1]

C_o = BOD nell'influente [mg l-1]

k_T = costante di velocità dipendente dalla temperatura [d-1]

t = tempo di ritenzione [d]

Il valore di k_T varia da 0.8 a 1.1 d-1 per sabbia e ghiaia (Reed et al., 1988).

Il tempo di ritenzione per i sistemi SF varia da 2 a 7 giorni

2. *portata di BOD e di solidi in ingresso*: la portata di BOD in ingresso per i sistemi SF non deve essere superiore a 75 kg ha-1 d-1. Portate di BOD pari a circa 0.2 kg m-2 d-1o inferiori evitano intasamenti della zona di ingresso (Crites et al., 1991);¹⁴
3. *rapporto di formato*: per le zone umide costruite di tipo SF la larghezza del letto è determinata dalla portata idraulica. La lunghezza del letto è determinata dal tempo di ritenzione richiesto per la rimozione degli inquinanti. Pertanto, i sistemi SF possono essere caratterizzati da un rapporto di formato minore o superiore a 1:1, in funzione degli obiettivi di trattamento;
4. *criteri di progetto per la rimozione dei nutrienti*: nei sistemi SF, sia il tempo di ritenzione sia il trasferimento di ossigeno possono limitare la nitrificazione e la conseguente rimozione di azoto. Poiché la nitrificazione di 20 mg l-1 di ammoniaca richiede 100 mg l-1 di ossigeno, il trasferimento di ossigeno è critico per la nitrificazione nei sistemi SF. Le radici delle piante possono generare una parte di questa domanda di ossigeno al di sotto della superficie, tuttavia un trasferimento diretto di ossigeno dall'atmosfera è richiesto per conseguire un'efficace nitrificazione. I tempi di ritenzione per la rimozione dei nutrienti devono essere più lunghi di 5÷10 giorni rispetto a quelli richiesti per la rimozione del BOD e dei TSS. Per la rimozione dell'ammoniaca o dell'azoto totale, sono importanti sia la temperatura minima sia il tempo di ritenzione. I tempi di ritenzione per una rimozione significativa dell'azoto devono essere di 8÷14 giorni o più. La rimozione dell'azoto e la nitrificazione risultano ridotte quando la temperatura dell'acqua scende al di sotto di 10°C. L'uptake di fosforo da parte delle piante è rapido e, successivamente alla morte delle piante, il fosforo può essere rapidamente riciclato nella colonna d'acqua o depositato nei sedimenti. Una significativa rimozione del fosforo richiede lunghi tempi di ritenzione (15÷25 giorni) e

basse portate di fosforo in ingresso ($< 0.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$);¹⁴

5. *profondità dell'acqua e granulometria*: la profondità media può variare tra 0,3 e 0,75 m.

La granulometria della sabbia utilizzata per i sistemi SF varia da 5 a 230 mm, essendo comprese tra 13 e 76 mm le dimensioni più utilizzate;

6. *potatura della vegetazione*: la potatura della vegetazione emergente è necessaria al fine di mantenere la capacità idraulica, promuovere una crescita attiva ed evitare il proliferare di zanzare.¹⁴

7.3.7 COMPONENTI DI UN SISTEMA DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO

SOMMERSO ORIZZONTALE

Negli impianti di fitodepurazione è necessario avere uno stadio di pretrattamento che garantisca la ritenzione del materiale grossolano e sedimentabile (materiali grossolani assenti e materiali sedimentabili $0,5 \text{ mg/l}$) e che assicuri la permeabilità idraulica del medium. Nel caso siano previste attività di ristorazione con cucine è necessario prevedere prima dell'ingresso all'impianto un degrassatore.

Il dimensionamento dell'impianto di depurazione deve essere effettuato per il massimo numero di abitanti equivalenti presenti nell'area di interesse, siano essi residenti, fluttuanti o derivanti da attività di servizio.

7.3.7.1 TRATTAMENTI PRIMARI

I trattamenti primari prevedono pretrattamenti meccanici che possono essere effettuati con fosse settiche tricamerale o tipo Imhoff. Gli effluenti dovranno essere tali da non compromettere il buon funzionamento dell'impianto creando intasamenti.

Altri metodi possono essere filtri, setacci, griglie fini ecc., che dovranno rispondere alle richieste generali.

- *Degrassatore*: viene utilizzato per il trattamento dei reflui che contengono grassi o oli organici provenienti da cucina e lavanderie. È un separatore statico di sostanze flottanti come grassi, oli vegetali e animali, sabbia ed inerti.
- *Fossa Imhoff*: la fossa settica tipo Imhoff, così denominata dal nome di chi nel 1904

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente.*, Il Sole 24 ore, Milano, 2002

la brevettò, è costituita da due comparti comunicanti tra loro a mezzo di una feritoia: uno superiore per la sedimentazione, attraversato dal liquame in afflusso, e uno inferiore per la digestione in cui si depositano i fanghi. Essa può essere a pianta rettangolare o circolare. Lo scomparto superiore, consente la sedimentazione delle sostanze sospese contenute nel liquame che lo attraversa longitudinalmente, mentre lo scomparto inferiore, conformato a piramide rovescia, è destinato all'accumulo progressivo e alla digestione anaerobica del fango che vi arriva con continuità, attraverso le fessure di fondo del soprastante vano. Nella zona di digestione avviene un processo di fermentazione anaerobica che riduce il volume dei fanghi e permette lo svuotamento a intervalli lunghi. Nella zona di chiarificazione posta attorno al cono di sedimentazione avviene la separazione dei solidi sedimentabili. L'accesso è praticato dall'alto a mezzo di apposita apertura a livello del piano di campagna dotata di chiusini a tenuta. In corrispondenza delle tubazioni di ingresso e uscita sono posti dei deflettori semisommersi.

- *Fossa Tricamerale*: la fossa tricamerale si suddivide in 3 comparti. Non è prevista una separazione strutturale tra camera di sedimentazione e deposito fanghi e generalmente non avviene una stabilizzazione dei fanghi stessi. E' utilizzata per la rimozione sia di sostanze sedimentabili che galleggianti. La sostanza organica viene abbattuta in parte in anaerobiosi. E' indicata come pretrattamento dei reflui negli impianti di fitodepurazione in quanto se opportunamente dimensionata svolge una sedimentazione più spinta riuscendo meglio a tamponare i picchi di carico idraulico.
- *Vasca di carico*: ha il compito di controllare la quantità d'immissione del refluo nelle vasche fitoassorbenti.¹⁴

7.3.7.2 VASCHE FITOASSORBENTI

I vassoi fitoassorbenti hanno una profondità massima di 0,6/0,8 metri, sotto il piano di campagna, e un fondo impermeabilizzato con telo in HDPE dello spessore di circa 2 mm, o con altro materiale impermeabile, opportunamente ancorato alle sponde.

La filtrazione a subflusso delle acque reflue avviene attraverso lo strato inferiore, costituito da un substrato di spaccato di roccia zeolitica, (Chabasite) con pezzatura

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

adeguata (15/20 cm). Nei pori dei ciottoli zeolitici si sviluppa una biomassa aerobica, che demolisce il substrato carbonioso ed adsorbe l'azoto ammoniacale favorendo le reazioni di scambio ionico con la struttura reticolare delle zeoliti.

Lo strato superiore, costituito da terreno agrario dello spessore di circa 30/50 cm, funge da medium rizosferico per le microfite che adsorbono sostanze nutrienti dal vasoio e che trasportano in profondità, con le loro radici appositamente micorrizzate ed inoculate con batteri specifici, l'ossigeno necessario a mantenere l'ambiente aerobico per le reazioni biologiche di demolizione dei nutrienti del liquame.

Il sistema fitoassorbente costituito dal medium in roccia zeolitica e dalle microfite micorrizzate può funzionare, grazie all'azione di "pulizia" effettuata dalle radici, per un periodo di tempo elevato senza arrivare all'intasamento del letto filtrante.

La superficie del vasoio assorbente viene calcolata di 4/6 mq/AE (Abitante Equivalente: "Il carico organico biologico avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno"), e non deve mai essere inferiore ai 20 mq.¹⁴

7.3.7.3 LAGHETTO DI RIOSSIGENAZIONE E DISINFEZIONE BIOLOGICA

Il laghetto di riossigenazione ha essenzialmente due compiti: quello di riportare la concentrazione di ossigeno a valori favorevoli alla vita acquatica e vegetale e quello di abbattere la carica batterica (disinfezione biologica).¹⁴

7.3.7.4 FILTRO FINALE

Il filtro finale ha la funzione di affinare ulteriormente la qualità dell'effluente.

Il mezzo filtrante è costituito da ghiaietto zeolitico (dimensioni 3-8 mm), che unisce alla funzione di filtrazione fisica quella di adsorbimento chimico dell'azoto ammoniacale non abbattuto nei precedenti stadi. La carica batterica in ingresso al filtro subisce ancora un abbattimento elevato, dell'ordine del 90% circa.¹⁴

7.3.7.5 POZZETTO DI CONTROLLO

In coda ai filtri finali viene posto un pozzetto di controllo finale.¹⁴

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

7.3.7.6 POZZO PERDENTE

I “pozzi perdenti” vengono utilizzati per la dispersione nel terreno dei liquami provenienti dalla “chiarificazione” effettuata con la fitodepurazione. Devono essere ubicati lontano dai fabbricati, dalle aree pavimentate o altre sistemazioni che possono ostacolare l'aerazione del terreno interessato; in presenza della “falda” acquifera, il fondo del “pozzo perdente” deve essere ad una quota non inferiore di 2 metri rispetto al livello superiore della “falda”; deve essere ad una distanza di almeno 50 metri da qualunque tipo di condotta, serbatoio o altra struttura destinata al servizio di acqua potabile.¹⁴

7.3.8 COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO

Gli impianti dovranno essere costruiti utilizzando materiali a basso impatto ambientale le cui caratteristiche siano garantite nel tempo. Si dovrà inoltre garantire sempre una facile sorveglianza, manutenzione e accessibilità. Le superfici d'acqua libere devono essere ben visibili. Nei punti d'entrata e d'uscita deve essere possibile prelevare dei campioni per le analisi.

Le pompe idrauliche, se presenti, dovrebbero essere provviste di amperometri o segnalatori ottici per il controllo dello stato di funzionamento.¹⁴

7.3.8.1 IMPIANTI A FLUSSO SUB-SUPERFICIALE ORIZZONTALE

L'acqua pretrattata dovrà essere distribuita in modo uniforme attraverso condutture forate (DN > 100), con diametro dei fori > 10 mm, nella ghiaia.

La zona di deflusso dovrà essere allestita in modo analogo alla zona in entrata utilizzando tubi di drenaggio microforati. Inoltre è consigliabile avere la possibilità di regolare il livello dell'acqua all'interno del medium.

L'organizzazione del profilo della vasca principale in generale dovrà presentare le seguenti caratteristiche (la granulometria della ghiaia è indicativa):

Strato principale:

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

- 60 cm ghiaia 4/8
(zona entrata/uscita con pezzatura graduale di ghiaia (8/16 e 4/8 di ϕ); la pezzatura dello strato principale potrà essere 2/4);
- impermeabilizzazione;
- strato di sabbia per livellare il suolo.

Il corpo di drenaggio in entrata e in uscita è da costruire con una larghezza minima di 50 cm.¹⁴

7.3.9 GESTIONE E MANUTENZIONE

Al fine di conseguire una corretta funzionalità dell'impianto occorre predisporre un programma di gestione e manutenzione adeguato.

Tale programma dovrà analizzare gli aspetti inerenti:

- le attività di conduzione e controllo;
- lo smaltimento dei fanghi derivanti dal trattamento primario;
- la manutenzione delle eventuali apparecchiature elettromeccaniche;
- la gestione delle piante acquatiche.

I casi di malfunzionamento dell'impianto possono essere dovuti a:

- sovraccarico organico;
- gestione intasamenti del medium o delle tubazioni di alimentazione o di drenaggio;
- non funzionamento di pompe o sifoni, se presenti;
- fuga di solidi dal comparto di pretrattamento;
- sovraccarico idraulico;
- sovraccarico di solidi;
- scorretta delle macrofite.

Se l'impianto è dotato di un pretrattamento mal gestito, il refluo in ingresso al letto conterrà una forte concentrazione di solidi sospesi che potrà intasare il substrato nei sistemi a flusso sommerso (con problemi di odori e di ridotta efficienza depurativa) o

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

determinare accumuli di solidi sulla superficie del medium nei sistemi a flusso superficiale. Trattamenti primari (fosse settiche) devono essere svuotate una o due volte all'anno a seconda delle dimensioni. I fanghi dovranno essere smaltiti come prescritto dalle norme vigenti.

Nei sistemi a flusso sub-superficiale la vegetazione deve essere sfalciata ogni 3-5 anni.

Nei flussi sommersi e in particolar modo in quelli orizzontali è importante che il refluo non ristagni mai sulla superficie: ciò indica, infatti, un corto circuito idraulico che può avvenire, soprattutto nella zona di ingresso, a causa di una non corretta progettazione. In questi casi è opportuno rivedere il dimensionamento dell'impianto.

Per ottenere un'adeguata depurazione delle acque reflue il filtro deve essere alimentato con una quantità d'acqua non superiore al valore delle persone collegate per cui l'impianto è stato dimensionato. Un temporaneo sovraccarico non ne compromette il funzionamento.

La manutenzione delle parti meccaniche è da effettuarsi 4 volte l'anno. In queste occasioni bisogna provvedere al rimpiazzo delle parti logorate, alla lubrificazione e alla pulizia.

Controllare i dispositivi di caricamento e deflusso e se necessario sostituirli.

Ogni 5 anni in autunno inoltrato si consiglia di tagliare le parti morte delle piante, a un'altezza di 25 cm dal terreno. Si possono utilizzare i residui dello sfalcio per il compostaggio e/o in agricoltura.¹⁴

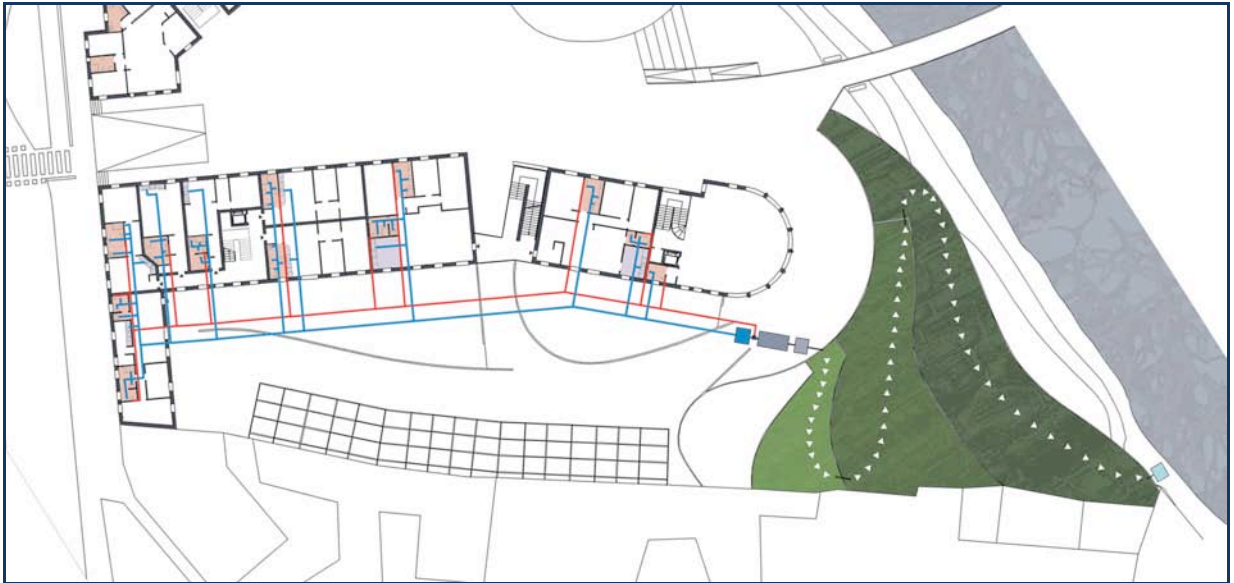
7.3.10 PROGETTO

All'interno del progetto, oltre ad un impianto di raccolta e recupero delle acque meteoriche, è stata pensata la realizzazione di vasche fitoassorbenti a flusso sub-superficiale orizzontale per la depurazione delle acque nere e delle acque grigie provenienti dai nuovi edifici. Si è scelto questo tipo di impianto per evitare un minor impatto ambientale possibile; infatti il sistema SFS-h, avendo il refluo che scorre sotto il livello del suolo, non provoca cattivi odori e non attira insetti di alcun genere.

I due differenti tipi di reflui vengono immessi nell'impianto separatamente per facilitare e ottimizzarne la resa.

¹⁴ Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente., Il Sole 24 ore, Milano, 2002*

F. 60 schema dell'impianto di fitodepurazione

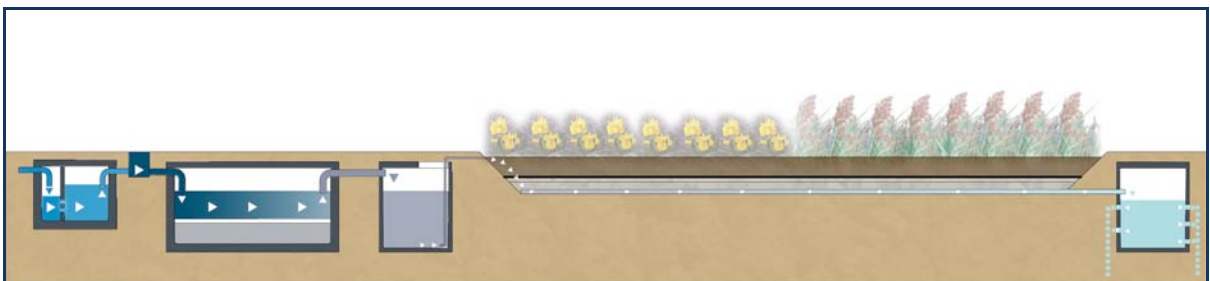


L'impianto è così composto:

- degrassatore (acque grigie);
- fossa Imhoff (acque nere);
- vasca di carico;
- vasche fitoassorbenti;
- pozzetto di controllo.

Le acque, dopo il trattamento, saranno disperse nel terreno e nella falda sottostante mediante pozzi perdenti.

F. 61 sezione schematica dell'impianto di fitodepurazione



7.3.10.1 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO EDIFICIO GREEN BUILDING

- Calcolo AE (Abitante Equivalente):

T. 10 analisi dei consumi¹⁵

	Carico Idraulico Specifico (l/unità d)	Carico Organico Specifico (g BOD5/unità d)
Scarichi domestici (quartieri a medio livello per abitante)	200 - 300	55 - 75
Negozi (per impiegato)	30 - 45	20 - 40

$$AE = (N \times COS) / COS AE$$

N = numero di utenti – residenti;

COS = Carico Organico Specifico;

COS AE = Carico Organico Specifico dell'abitante tipo 70 g BOD5 / d.

T. 11 tipologie

	Numero utenti	Calcolo	AE
Residenze	62	$(62 \times 55)/70$	49
Negozi	16	$(16 \times 20)/70$	5
Totale			54

- Dimensione vasche fitoassorbenti:

Area: $4 \text{ m}^2 \times AE$

$$4 \text{ m}^2 \times 54 AE = 216 \text{ m}^2$$

Profondità: 65 cm di cui (partendo dal fondo):

- 15 cm di ghiaione;

- 10 cm di ghiaia;

¹⁵ Barrella C., Grillo G, L'evapotraspirazione totale come sistema di smaltimento dei reflui civili: criteri di progettazione, riferimenti normativi, casi pratici., Geva editore, Roma, 2009

- tessuto non tessuto;
- 40 cm di terra vegetale.

Altezza pareti vasche: le pareti devono essere 10 cm più alti rispetto al terreno vegetale. *Pendenza:* 1%

Vegetazione utilizzata: per la realizzazione dell'impianto di fitodepurazione a flusso sub-superficiale orizzontale si pensava di utilizzare delle macrofite radicate emergenti, in particolare l'*Iris pseudoacorus* (Giaggioli acquatici) e *Phragmites australis* (Cannuccia di palude).

8. L'ENERGIA ALTERNATIVA

8.1 INTRODUZIONE

Tra i temi di attualità, quello del risparmio energetico è tra i più dibattuti negli ultimi anni, ma ancor più in questi ultimi mesi, anche sull'onda emotiva provocata dai ripetuti rincari del prezzo del petrolio e dei suoi derivati.

Il risparmio energetico è strettamente correlato al problema del riscaldamento globale, infatti, mentre sul prossimo esaurimento delle risorse energetiche tradizionali non esistono certezze assolute, per quando riguarda l'azione nociva dei gas serra, la comunità scientifica internazionale è concorde su una netta presa di posizione contro l'emissione di tali sostanze provocata in larga parte dall'utilizzo dei combustibili fossili.

In questo contesto l'Unione europea sta promuovendo la diffusione di tecnologie che non prevedono l'utilizzo di gas, petrolio o carbone, soprattutto per il settore dell'edilizia in cui una corretta progettazione e l'impiego di tecnologie non convenzionali possono portare alla riduzione anche dell'80% dei consumi di energia, con il conseguente abbattimento delle emissioni.

Gli obiettivi specifici si concentrano sulle crescite dell'efficienza energetica e del ricorso a fonti rinnovabili nonché sull'adozione di tecnologie di cattura e stoccaggio di CO₂ per rendere il sistema più sostenibile, meno dipendente dai combustibili importati.

Date tali premesse, appare plausibile la diffusione, a breve termine, anche in Italia di tecnologie ad alto risparmio energetico per uso civile/commerciale. Tra i vari interventi innovativi, il più comune e conosciuto è quello del solare termico e fotovoltaico, anche se nell'ultimo periodo sta avendo grande sviluppo, soprattutto in altri Paesi dell'Unione, la pompa di calore geotermica, che presenta indubbi vantaggi economici, energetici e ambientali.

8.1.1 LE NORMATIVE A LIVELLO EUROPEO

A livello di Unione europea, nell'ultimo decennio, sono stati emanati alcuni atti in tema di efficienza energetica. I principali sono:

- direttiva 2001/77/CE¹⁵, relativa alla promozione dell'elettricità generata a partire da fonti di energia rinnovabile;
- direttiva 2002/91/CE¹⁶, sul rendimento energetico nell'edilizia, risale al 16 dicembre 2002 ed è entrata in vigore nel gennaio 2006;
- direttiva 2006/32/CEE, concernente l'efficienza energetica degli usi finali dell'energia e i servizi energetici, risale al 5 aprile 2006 ed è entrata in vigore il mese successivo;
- direttiva 2009/28/CE, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, (recante modifica e successiva abrogazione della direttiva 2001/77/CE)¹⁷;

8.1.2 LE NORMATIVE A LIVELLO NAZIONALE

Per quanto riguarda l'Italia, la normativa in materia di efficienza energetica è la seguente:

- legge 9 gennaio 1991, n. 10, riguardante le norme per l'attuazione del piano energetico nazionale, in merito all'uso razionale dell'energia, al risparmio

¹⁵ Art. 1 Finalità "La presente direttiva mira a promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità

¹⁶ Art. 1 Obiettivi "L'obiettivo della presente direttiva è promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi. Le disposizioni in essa contenute riguardano:

a) il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;

b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;

c) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni;

d) la certificazione energetica degli edifici;

e) l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di quindici anni."

¹⁷ Art.1 "La presente direttiva stabilisce un quadro comune per la promozione dell'energia da fonti rinnovabili. Fissa obiettivi nazionali obbligatori per la quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e per la quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti. Detta norme relative ai trasferimenti statistici tra gli Stati membri, ai progetti comuni tra gli Stati membri e con i paesi terzi, alle garanzie di origine, alle procedure amministrative, all'informazione e alla formazione nonché all'accesso alla rete elettrica per l'energia da fonti rinnovabili. Fissa criteri di sostenibilità per i biocarburanti e i bioliquidi."

energetico e allo sviluppo di fonti rinnovabili¹⁸; vengono concessi contributi in conto capitale a sostegno delle fonti rinnovabili di energia nell'edilizia¹⁹;

- decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, attuazione della direttiva 2001/77/CE;
- decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, attuazione della direttiva 2002/91/CE;
- decreto legislativo 27 dicembre 2006, n. 296 (Finanziaria 2007), prevedeva una detrazione fiscale del 55% delle spese sostenute per effettuare dei miglioramenti nel campo dell'efficienza energetica edilizia²⁰; tali sgravi fiscali venivano concessi nei tre anni successivi all'intervento edilizio;
- decreto legislativo 24 dicembre 2007, n. 244 (Finanziaria 2008), proroga gli incentivi previsti dalla legge finanziaria 2007 sino a tutto il 2010 e ne introduce di nuovi: a) possibilità di introduzione, da parte dei Comuni, di un'aliquota Ici ridotta,

¹⁸ Art. 1 “1. Al fine di migliorare i processi di trasformazione dell'energia, di ridurre i consumi di energia e di migliorare le condizioni di compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia a parità di servizio reso e di qualità della vita, le norme del presente titolo favoriscono ed incentivano, in accordo con la politica energetica della Comunità economica europea, l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi di energia nella produzione e nell'utilizzo di manufatti, l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia, la riduzione dei consumi specifici di energia nei processi produttivi, una più rapida sostituzione degli impianti in particolare nei settori a più elevata intensità energetica, anche attraverso il coordinamento tra le fasi di ricerca applicata, di sviluppo dimostrativo e di produzione industriale.”

¹⁹ Art. 8 “1. Al fine di incentivare la realizzazione di iniziative volte a ridurre il consumo specifico di energia, il miglioramento dell'efficienza energetica, l'utilizzo delle fonti di energia di cui all'art. 1, nella climatizzazione e nella illuminazione degli ambienti, anche adibiti ad uso industriale, artigianale, commerciale, turistico, sportivo ed agricolo, nell'illuminazione stradale, nonché nella produzione di energia elettrica e di acqua calda sanitaria nelle abitazioni adibite ad uso civile e ad uso industriale, artigianale, commerciale, turistico, sportivo ed agricolo, possono essere concessi contributi in conto capitale nella misura minima del 20 per cento e nella misura massima del 40 per cento della spesa di investimento ammissibile documentata per ciascuno dei seguenti interventi: a) coibentazione negli edifici esistenti che consenta un risparmio di energia non inferiore al 20 per cento ed effettuata secondo le regole tecniche di cui all'allegata tabella A; b) installazione di nuovi generatori di calore ad alto rendimento, che in condizioni di regime presentino un rendimento, misurato con metodo diretto, non inferiore al 90 per cento, sia negli edifici di nuova costruzione sia in quelli esistenti; c) installazione di pompe di calore per riscaldamento ambiente o acqua sanitaria o di impianti per l'utilizzo di fonti rinnovabili di energia che consentano la copertura almeno del 30 per cento del fabbisogno termico dell'impianto in cui è attuato l'intervento nell'ambito delle disposizioni del titolo II; d) installazione di apparecchiature per la produzione combinata di energia elettrica e di calore; e) installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica; per tali interventi il contributo può essere elevato fino all'80 per cento; f) installazione di sistemi di controllo integrati e di contabilizzazione differenziata dei consumi di calore nonché di calore e acqua sanitaria di ogni singola unità immobiliare, di sistemi telematici per il controllo e la conduzione degli impianti di climatizzazione nonché trasformazione di impianti centralizzati o autonomi per conseguire gli obiettivi di cui all'art. 1; g) trasformazione di impianti centralizzati di riscaldamento in impianti unifamiliari a gas per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria dotati di sistema automatico di regolazione della temperatura, inseriti in edifici composti da più unità immobiliari, con determinazione dei consumi per le singole unità immobiliari, escluse quelle situate nelle aree individuate dalle regioni e dalle province autonome di Trento e di Bolzano ai sensi dell'art. 6 ove siano presenti reti di teleriscaldamento; h) installazione di sistemi di illuminazione ad alto rendimento anche nelle aree esterne.”

²⁰ Comma 344 Detrazione spese sostenute per riqualificazione energetica degli edifici “Per le spese documentate, sostenute entro il 31 dicembre 2007, relative ad interventi di riqualificazione energetica di edifici esistenti, che conseguono un valore limite di fabbisogno di energia primaria annuo per la climatizzazione invernale inferiore di almeno il 20 % rispetto ai valori riportati nell'allegato C, [...] spetta una detrazione dall'imposta lorda per una quota pari al 55% degli importi rimasti a carico del contribuente, fino a un valore massimo della detrazione di 100.000 euro, da ripartire in tre quote annuali di pari importo.”

Comma 346 Detrazione per l'installazione di pannelli solari “Per le spese documentate, sostenute entro il 31 dicembre 2007, relative all'installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda per usi domestici [...], spetta una detrazione dall'imposta lorda per una quota pari al 55% degli importi rimasti a carico del contribuente, fino a un valore massimo della detrazione di 60.000 euro, da ripartire in tre quote annuali di pari importo.”

inferiore al quattro per mille, per coloro che installano impianti energetici, termici o elettrici, da fonte rinnovabile²¹, b) agevolazioni fiscali previste per le reti di teleriscaldamento alimentate a energia geotermica²², c) detrazione fiscale del 55% applicabile anche alla sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con pompe di calore ad alta efficienza e con impianti geotermici a bassa entalpia, d) a partire dal 2009, rilascio del permesso di costruzione subordinato all'installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, alla certificazione energetica dell'edificio²³, e) istituzione di un fondo di 40 milioni di euro presso il ministero dell'Ambiente per gli incrementi delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica nonché per la promozione della produzione di energia elettrica da solare termodinamico;

- decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, sulla produzione di energia da fonti rinnovabili; il provvedimento prevede l'entrata in vigore (a partire dal 1° gennaio 2013) di nuovi sistemi incentivanti per sostenere la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile differenziati a secondo delle dimensioni e della tipologia di impianto.

²¹ Art.1 comma 6 "La deliberazione di cui al comma 1 può fissare, a decorrere dall'anno di imposta 2009, un'aliquota agevolata dell'imposta comunale sugli immobili inferiore al 4 per mille per i soggetti passivi che installino impianti a fonte rinnovabile per la produzione di energia elettrica o termica per uso domestico, limitatamente alle unità immobiliari oggetto di detti interventi e per la durata massima di tre anni per gli impianti termici solari e di cinque anni per tutte le altre tipologie di fonti rinnovabili. Le modalità per il riconoscimento dell'agevolazione di cui al presente comma sono disciplinate con regolamento adottato ai sensi dell'articolo 52 del decreto legislativo 15 dicembre 1997, n. 446, e successive modificazioni."

²² Art.1 comma 240 "A decorrere dalla data di entrata in vigore della presente legge e fino al 31 dicembre 2008 si applicano le disposizioni fiscali sul gasolio e sul GPL impiegati in zone montane ed in altri specifici territori nazionali di cui all'articolo 5 del decreto legge 1° ottobre 2001, n. 356, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 novembre 2001, n. 418, nonché le disposizioni in materia di agevolazione per le reti di teleriscaldamento alimentate con biomassa ovvero con energia geotermica, di cui all'articolo 6 del medesimo decreto-legge."

²³ Art.1 comma 289 "A decorrere dal 1° gennaio 2009, nel regolamento di cui al comma 1, ai fini del rilascio del permesso di costruire, deve essere prevista, per gli edifici di nuova costruzione, l'installazione di impianti per la produzione di energia elettrica di fonti rinnovabili, in modo tale da garantire una produzione energetica non inferiore a 1 kW per ciascuna unità abitativa, compatibilmente con la realizzabilità tecnica dell'intervento. Per i fabbricati industriali, di estensione superficiale non inferiore a 100 metri quadrati, la produzione energetica minima è di 5 kW."

8.2 ENERGIA GEOTERMICA

L'energia geotermica è l'energia generata dallo sfruttamento del calore della terra (il termine geotermia deriva dal greco “ge” e “thermòs” ed il significato letterale è calore della Terra); questa fa parte della famiglia delle energie rinnovabili, che oltre ad essa annovera nelle sue fila l'idroelettrico, l'eolico, il solare (termico e fotovoltaico), le biomasse e l'energia marina. In realtà l'energia geotermica è una fonte considerata un po' al confine, in quanto, per definizione si intende fonte rinnovabile una fonte non esauribile nella scala dei tempi dell'umanità e il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future, mentre lo sfruttamento intensivo di un sito geotermico può provocare nell'intorno del pozzo una riduzione del potenziale termico del sito stesso.

A parte questa breve precisazione l'energia geotermica è considerata conveniente, affidabile, sostenibile ed ecologica. Quando si parla di applicazioni dell'energia geotermica, si può fare riferimento a due applicazioni principali: la generazione elettrica (alta entalpia) e il riscaldamento (bassa entalpia). Nel primo caso la sorgente di calore deve essere grande cioè in grado di azionare le turbine necessarie per la produzione di energia elettrica, nel secondo caso si sfrutta il terreno come un serbatoio di scambio di calore per raffreddare d'estate e riscaldare d'inverno. La geotermia per la produzione di energia elettrica si è andata sviluppando dove era più facile trovare anomalie nel terreno che permettessero di trovare grossi bacini di calore a profondità relativamente limitate (3000-5000 metri). Questi luoghi si trovano essenzialmente ai confini delle placche tettoniche.

Scegliere un impianto geotermico significa assicurarsi un ambiente domestico confortevole, piacevolmente caldo d'inverno e fresco d'estate, utilizzando una tecnologia rispettosa dell'ambiente e vantaggiosa dal punto di vista economico.

In anni recenti anche nel nostro Paese c'è stata una decisa accelerazione: in particolare, l'introduzione di incentivi mirati, ha favorito la realizzazione di numerosi nuovi impianti geotermici con pompa di calore.

La possibilità di produrre, oltre che acqua calda per il riscaldamento invernale e per gli usi

sanitari, anche acqua fredda per raffrescare durante l'estate, rende gli impianti geotermici l'alternativa ideale ai tradizionali impianti. Il grande vantaggio deriva dal fatto che un sistema geotermico racchiude in un unico impianto le stesse funzioni normalmente demandate a due diversi apparecchi, cioè caldaie e condizionatori.

8.2.1 NASCITA DELLA GEOTERMIA IN ITALIA

La storia della geotermia si può dire che ha avuto avvio in Toscana nel 1800. Nella zona di Larderello veniva estratto il boro dalle acque geotermiche per l'industria farmaceutica dell'epoca. L'acqua che sgorgava liberamente dal sottosuolo veniva convogliata in delle vasche, poi tramite la combustione delle legna veniva fatta evaporare tutta l'acqua. Alla fine rimanevano i residui minerali da cui attraverso una raffinazione successiva si ricavava il boro. Questo processo andò avanti per qualche decennio provocando il disboscamento della zona. Fu per questo motivo (ma forse soprattutto per i costi sempre maggiori per il reperimento della legna) che Francesco de Larderel, proprietario dell'omonima ditta che si occupava dell'estrazione del boro, cercò una soluzione al problema ed ebbe l'idea di sfruttare il calore geotermico, opportunamente incanalato, per sostituire completamente l'uso di legname. Nacquero così i Lagoni coperti, un vero e proprio marchio di fabbrica della Larderello Spa.

In seguito verso il 1865 vennero realizzate le prime pompe a vapore, che andarono pian piano a sostituire i rudimentali metodi di trasporto delle acque boracifere e a fine '800 nacque anche la prima caldaia tubolare della potenza di 8 cv alimentata da fluido endogeno per uso industriale.

Lo sfruttamento intensivo delle risorse geotermiche fece ben presto esaurire le risorse di superficie (o almeno non erano più sufficienti a soddisfare tutte le esigenze). Per questo si cominciò a scavare sempre più in profondità e non solo dove manifestazioni naturali indicavano la presenza di calore a bassa profondità ma in tutta la zona boracifera. Nel 1900, l'energia geotermica, venne utilizzata per l'azionamento di macchinari per la perforazione permettendo il raggiungimento di profondità maggiori in minor tempo e a minor costo.

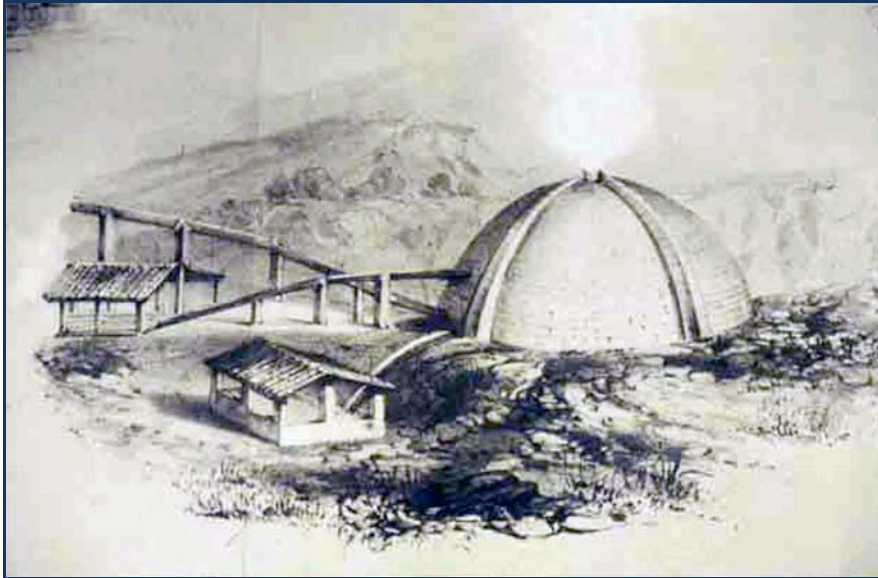
Si arrivò così al 1904, l'anno in cui il principe Piero Ginori Conti, direttore della Larderello Spa, sperimentò per la prima volta la produzione di energia elettrica tramite l'uso di energia geotermica. L'esperimento dimostrativo costituì nell'accensione di cinque lampadine alimentate da una dinamo accoppiata a un motore a pistoncini; dove il motore era alimentato da vapore prodotto tramite uno scambiatore termico alimentato tramite vapore geotermico.

Incoraggiati dai risultati di questo primo esperimento, il principe Ginori Conti sviluppò il primo prototipo di impianto geotermico per la produzione di energia elettrica, che entrò in funzione nel 1905. Questo impianto da 20kW dal 1908 permise l'elettrificazione degli impianti industriali di Larderello. Nel 1913, fu realizzato il primo impianto commerciale per la produzione di energia elettrica (Larderello 1) con una turbina in grado di generare 250kW di potenza. Da questo momento fino al 1944 si ebbe un continuo aumento di impianti di produzione nelle zone di Larderello, Castelnuovo e Serrazzano portando la potenza installata a 132 MW.

Le fasi terminali della seconda guerra mondiale furono disastrose per la zona di Larderello, infatti, i tedeschi in ritirata distrussero gli impianti di produzione di energia in quanto considerati strategici perché fornivano elettricità alle linee ferroviarie del centro Italia. Si salvò solo un impianto pilota di Serrazzano da 23kW e da lui ricominciò la costruzione di tutto quello che era andato distrutto. Dagli anni Settanta viene dato un notevole impulso all'esplorazione in tutte le aree italiane, cosa che porta all'individuazione di diverse aree geotermiche e di altri due campi ad alta entalpia, oltre a quello di Larderello, presso Latera nel Lazio e Mofete in Campania.

Da questo momento la geotermia Italiana ha avuto un notevole sviluppo e a fine 2009 la potenza installata totale era 843MW per una produzione annuale effettiva di circa 5 TWh che fanno dell'Italia la quinta forza mondiale. Resta comunque una produzione molto di nicchia se si pensa che il fabbisogno nazionale è di circa 360 TWh e che quindi il geotermoelettrico contribuisce per circa l'1.4%

F. 62 soffioni di Lardello



8.2.2 LA GEOTERMIA IN ITALIA E NEL MONDO

Il numero dei paesi produttori di energia geotermica e la capacità totale di energia geotermica in tutto il mondo stanno aumentando in maniera significativa. Nel 2005 erano presenti 8933 MW di potenza installata in 24 nazioni, con una produzione di 55.7 TWh / anno di energia verde, secondo l'International Geothermal Association (IGA). Nel 2010 questi numeri sono saliti a 10715 MW per la potenza installata e 67 TWh per l'energia totale prodotta, che rappresenta un aumento del 20% tra il 2005 e il 2010. Le previsioni sono che queste quantità cresceranno in maniera più consistente da qui al 2015 quando si prevede che la capacità installata crescerà a 18500 MW. I paesi con il maggior incremento di potenza installata tra il 2005 e il 2010 sono stati: Stati Uniti (530 MW), Indonesia (400 MW), Islanda (373 MW), Nuova Zelanda (193 MW) e Turchia 62 MW.

Se la crescita di potenza installata non è stata trascendentale in questi ultimi anni, le prospettive per il prossimo futuro sono molto più interessanti in quanto dal 2010 ci sono 70 paesi che hanno progetti in fase di sviluppo. Fra le nazioni più attive ci sono i paesi africani della fascia del Rift questo anche grazie a progetti di sviluppo a livello mondiale promossi da nazioni storicamente avanzate in questa materia (Australia, Cina, Germania, Islanda, Italia, Giappone e Stati Uniti), forme di finanziamento condivisione delle tecnologie e formazione. Fra i progetti più interessanti ci sono quello del Kenya che prevede di produrre 490 MW di energia geotermica entro il 2012 e più di 4.000 MW entro

20 anni e quello della Turchia che vuole passare da gli 82 MW attuali a 550 nel 2013.

Il maggiore produttore mondiale ad oggi sono gli Stati Uniti che da soli coprono il 30% del mercato mondiale con 3086 MW di potenza installata. A ruota seguono le Filippine 1904 MW che rappresentano il 18% circa della produzione di elettricità del Paese. L'Italia è quinta in questa speciale classifica con i suoi 843 MW di potenza installata (tutta in Toscana)²⁴; il nostro Paese è geotermicamente, infatti, il più “caldo” di tutta l'Europa, cosa testimoniata dai numerosi vulcani, dai soffioni boraciferi, dalle sorgenti termominerali.

8.2.2.1 LA SITUAZIONE IN ITALIA

A livello Italiano, negli ultimi anni, l'energia elettrica prodotta da fonte geotermica è stata intorno ai 5 TWh, tramite gli 843 MW di impianti installati. Le installazioni si trovano tutte in Toscana divise in due aree geotermiche: quella di Larderello-Travale/Radicondoli e quella del Monte Amiata. Un altro tentativo era stato fatto a cavallo del 2000 nella zona di Latera nel Lazio, ma a causa di problemi ambientali e tecnici, la centrale di 40 MW installata è stata dismessa e lo sviluppo del geotermico nella zona ha avuto un brusco stop.

Larderello e Travale/Radicondoli fanno parte dello stesso grande bacino geotermico, caratterizzato da una temperatura di 300-350°C e pressioni fino a 7 MPa ovunque. Per la zona di Larderello si parla di quasi 200 pozzi, allacciati a 21 centrali per complessivi 602,5 MW di potenza installata. Per l'area di Travale-Radicondoli i pozzi sono molto meno (una ventina) ma di grande potenza, infatti alimentano 6 centrali per complessivi 154 MW di potenza installata. L'area del Monte Amiata include due campi geotermici ad acqua dominate: Piancastagnaio e Bagnore. Attualmente ci sono 5 unità con 88 MW di potenza installata: una a Bagnore e quattro a Piancastagnaio.

Per la zona di Larderello con i Comuni di Pomarance, Castelnuovo Val di Cecina e Radicondoli l'esperienza geotermica è stata ed è vissuta con grande entusiasmo, infatti

²⁴ Dati raccolti dal sito www.geotermia.com

quasi tutta l'economia della zona gira intorno alle attività legate alla geotermia. Al contrario nell'area del Monte Amiata, seri problemi di accettabilità da parte delle comunità locali hanno bloccato ulteriori sviluppi.

L'ultima novità in campo di geotermia riguarda la possibile nascita di un nuovo polo di produzione presso la zona dei Campi Flegrei nella zona del Vesuvio, a Nord-Ovest di Napoli, noto ai romani come l'ingresso dell'Ade. In breve, il Campi Flegrei Deep Drilling Project, un ambizioso progetto di ricerca portato avanti dal Dipartimento di Napoli dell'Istituto Italiano di Geofisica e Vulcanologia, in collaborazione con diverse istituzioni e Università in Italia e all'estero, prevede di fare perforazioni per il monitoraggio e lo studio dell'attività vulcanica ma nello stesso tempo sfruttare le enormi potenzialità geotermica dovute al fatto che si possono trovare temperature elevatissime già a bassissime profondità.

8.2.3 VANTAGGI DEL GEOTERMICO

I principali vantaggi di un impianto geotermico sono:

- si tratta di energia termica gratuita (eccettuato il consumo elettrico della pompa di calore);
- i costi di esercizio sono inferiori di circa l'80% rispetto a un sistema di riscaldamento con caldaia a metano;
- rende indipendenti dal prezzo del petrolio e del gas;
- la vita media di una pompa di calore geotermica si stima essere pari ad almeno il doppio della vita media di una caldaia;
- il suo funzionamento è indipendente dalle temperature esterne, assicurando un funzionamento dell'impianto per 365 giorni l'anno;
- un unico sistema permette sia di riscaldare che di raffrescare l'edificio, eliminando i costi elevati per il condizionamento estivo;
- è ecologica dal punto di vista dell'impatto ambientale poiché non ci sono installazioni visibili all'esterno;
- contribuisce alla riduzione delle emissioni di inquinanti e di CO₂ in atmosfera;

- non inquina i terreni, poiché all'interno delle sonde geotermiche circolano liquidi frigoriferi antigelo completamente atossici;
- la pompa di calore geotermica è una macchina estremamente silenziosa;
- l'assenza di processi di combustione e di canne fumarie riduce al minimo la necessità di interventi di manutenzione;
- non ci sono pericoli di incendio o di emissioni gassose poiché non si ha a che fare con alcun tipo di combustibile (gas, petrolio o derivati);
- i campi di applicazione sono molteplici : abitazioni, impianti industriali, magazzini, serre, scuole, hotel, uffici, palestre, piscine, marciapiedi senza ghiaccio, terreni sportivi in erba etc.

8.2.4 DATI TECNICI

L'energia geotermica è quella fonte di energia dovuta al calore immagazzinato nella crosta terrestre. Quest'ultimo, per arrivare in superficie, si propaga attraverso le rocce o tramite i fluidi vettori, quali l'acqua e il gas.

Il gradiente geotermico, T_{geo} è uguale al rapporto fra il flusso geotermico q_{geo} [W/m] e la conduttività del terreno [W/(mK)]. Il flusso geotermico è pari a 0,065 W/m. A una profondità superiore ai 100 m, la conduttività del terreno si considera in genere costante e pari a 2,2 W/(mK). Con tali valori, il gradiente di temperatura risulta 3 °C/100 m. Procedendo in profondità, la temperatura aumenta di 3 °C ogni 100 m (a meno di anomalie termiche: faglie, vulcani, ecc.).²⁵

²⁵ Tinti F., *Geotermia per la climatizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008

8.2.4.1 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

In linea generale, la risorsa geotermica è disponibile su tutto il territorio italiano.

La conoscenza del tipo di sottosuolo gioca un ruolo determinante per il dimensionamento corretto dell'impianto poiché non tutti i tipi di rocce e di terreni hanno la stessa conducibilità termica. Questa dipende da tre fattori fondamentali del materiale:

- la densità (che definisce il materiale);
- l'umidità (che identifica la presenza di acqua);
- la stratificazione del suolo (che permette di rilevare le discontinuità).

Per determinare il rendimento termico del terreno, e quindi determinare i fattori sopra elencati, è necessario svolgere opportune indagini geologiche (analisi di porosità, umidità e granulometria), oppure possono essere consultate varie tabelle indicative di conducibilità tipica dei principali tipi di rocce, suoli e materiali. In generale possiamo dire che i suoli più rocciosi hanno una conducibilità migliore.

La presenza d'acqua è un fattore importante poiché tende ad aumentare il rendimento di un impianto, migliorando lo scambio termico tra impianto e sottosuolo.²⁶

8.2.4.2 LO SCAMBIO TERMICO CON IL SOTTOSUOLO

Come qualsiasi corpo caldo, il terreno scambia calore per conduzione con i corpi freddi, ivi immersi, che subiscono un aumento di temperatura fino alla stabilizzazione con gli strati di sottosuolo interessati che, molto limitatamente, si raffreddano. La presenza di un fluido freddo all'interno delle tubazioni accentua tale processo: il fluido si riscalda tornando in superficie, per poi raffreddarsi nuovamente a temperatura ambiente e ripetere così il ciclo. In questo caso, al fenomeno della conduzione si unisce quello della convezione tra il fluido termovettore e il tubo in cui esso scorre. La variazione di

²⁶ Esistono zone di protezione delle acque sotterranee e superficiali in cui la realizzazione di impianti geotermici è regolamentata e deve essere autorizzata dalle autorità competenti; è opportuno raccogliere informazioni presso il comune dove è prevista l'installazione

temperatura $\square T$ generata è molto ridotta e dipende in parte dalle condizioni atmosferiche, ma soprattutto dal flusso di calore geotermico presente nel terreno.

La conduzione in una sonda geotermica avviene generalmente in tre materiali diversi: attraverso le pareti del collettore, attraverso la malta cementizia e nel terreno.

Il fenomeno della convezione regola invece lo scambio termico nell'*annulus* tra il fluido freddo e il tubo caldo, dove però, avvengono anche fenomeni di dispersione termica. Questo è il motivo principale della dimensione limitata di tali tubi il cui diametro può variare da 20 a 40 mm.

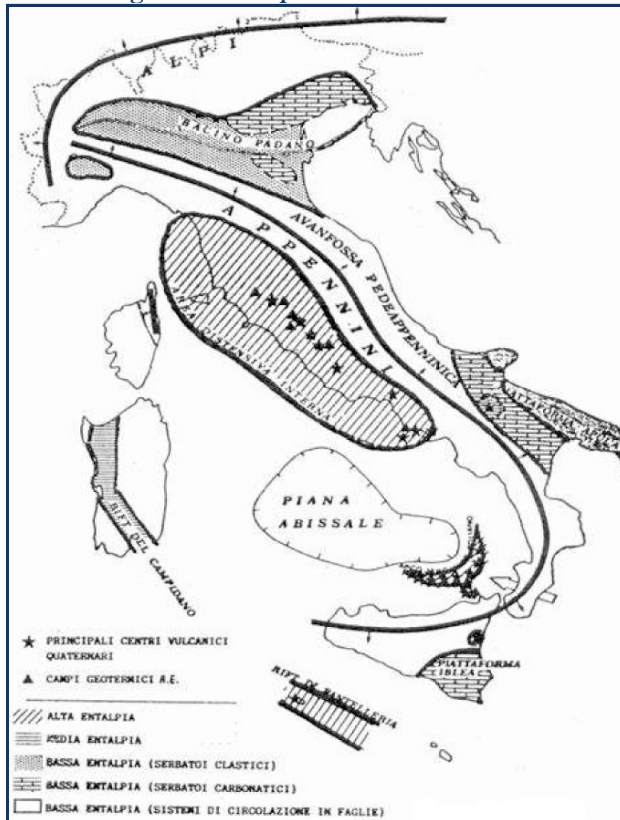
Per quanto riguarda l'influenza della superficie sulla temperatura del terreno, si è dimostrato che le oscillazioni stagionali possono essere trascurate già a una ventina di metri e la temperatura si assesta intorno al valore medio annuale della temperatura superficiale.

8.2.4.3 ALTA E BASSA ENTALPIA

Come accennato in precedenza, l'energia geotermica ha due principali campi di applicazione, può essere utilizzata o per la generazione di energia elettrica o per il riscaldamento. Questa differenziazione d'uso, dipende dalle potenzialità geotermiche (entalpia) del sito in cui vengono installate le sonde. L'entalpia, che può essere considerata proporzionale alla temperatura, è una funzione di stato di un sistema ed esprime la quantità di energia che esso può scambiare con

l'ambiente esterno. L'entalpia viene usata per esprimere l'energia termica dei fluidi, e fornisce un'idea del relativo valore; infatti, nell'ambito geotermico, è usuale suddividere le risorse in bassa, media ed alta entalpia.

F. 63 i vari gradi di entalpia in Italia



Si denomina campo ad alta entalpia quel sistema dove il fluido, normalmente vapore, raggiunge temperature in genere superiori a 100 °C e pressioni elevate. L'energia ricavata può essere usata per usi indiretti, quali la produzione di energia elettrica.

Le centrali in uso in geotermia sono di diversi tipi:

- *centrale a scarico libero*: il vapore proveniente direttamente dal pozzo o da un separatore (campo ad “acqua dominante”) è inviato alla turbina e dopo la generazione di energia elettrica, viene scaricato in aria a pressione atmosferica; le acque reflue sono reiniettate o disperse in superficie;
- *centrale a condensazione*: il vapore esausto che esce dalla turbina, viene inviato ad una “camera di condensazione/depressione” raffreddata da acqua derivante da una torre di raffreddamento o da acque correnti. I gas incondensabili vengono estratti meccanicamente e scaricati all'esterno, mentre i reflui dei condensatori o dei separatori sono incanalati in pozzi di reiniezione o dispersi in superficie;
- *centrale a flash singolo*: usata nei campi “ad acqua dominante”. Il fluido geotermico erogato da un pozzo, viene inviato ad un separatore che riduce la pressione e separa le due fasi acqua/vapore. Il vapore entra poi nella turbina e dopo la

generazione di elettricità è condensato ed inviato ai pozzi di reiniezione o smaltito in altro modo;

- *centrale a doppio flash*: usata nei campi “ad acqua dominante”. Il fluido, proveniente dal pozzo, entra in un primo separatore dove si genera il primo flash di vapore ad alta pressione (a 160° C). Successivamente è inviato ad un secondo separatore dove si genera un secondo flash di vapore a bassa pressione (a 120° C). I flussi di vapore ottenuti, ad alta e bassa pressione, sono inviati a turbine distinte;
- *centrale a flusso totale*: funziona col fluido bifase (miscela acqua/vapore e gas associati) direttamente erogato dal pozzo. Dopo la generazione di energia elettrica il fluido è condensato e reiniettato nell'acquifero.²⁷

Si parla invece di bassa entalpia quando il fluido base, rappresentato dall'acqua, ha temperature inferiori ai 100 °C e pressioni di poco superiori alla pressione atmosferica. La costruzione di un campo a bassa entalpia risulta molto più agevole che nell'altro caso, anche e soprattutto per le scarse profondità in gioco, ma il suo uso può essere solo di tipo diretto, cioè per il riscaldamento. Il principio si basa sul fatto che il suolo può essere considerato un grosso serbatoio termico che mantiene la sua temperatura abbastanza costante durante tutto l'anno. Così, nei mesi invernali il calore può essere trasferito in superficie per riscaldare le abitazioni, in estate invece è possibile smaltire il calore in eccesso dandolo al terreno.

Un impianto di geotermia a bassa entalpia sopperisce totalmente al riscaldamento nel periodo invernale e alla refrigerazione nel periodo estivo, nonché consente la produzione di acqua calda sanitaria fino a 60°C, tutto per mezzo del medesimo impianto.

Per un campo ad alta entalpia, necessitando temperature le più elevate possibili, si auspica un loro raggiungimento alla minore profondità.

Per un campo a bassa entalpia, la minore temperatura richiesta è però bilanciata dal minore beneficio prodotto, il che comporta l'impossibilità di effettuare perforazioni profonde (di norma la tecnologia è la stessa utilizzata per i pozzi ad acqua).

Esiste però un'altra possibilità che non prevede né la presenza di un serbatoio poroso e permeabile, né di un fluido vettore, né di un gradiente geotermico anomalo. Essa consiste

²⁷ Tratto da www.isesitalia.it

nello sfruttare le proprietà conduttive dei diversi tipi di terreno tramite tubazioni particolari i cui numero, dimensione e tipologia variano per ogni singolo caso analizzato: le sonde geotermiche.

8.2.5 L'IMPIANTO GEOTERMICO

8.2.5.1 LA PERFORAZIONE

L'energia termica ricavata dalla T può essere utilizzata per alimentare la pompa di calore. Il sistema geotermico tradizionale consiste nel raffreddamento degli strati superficiali del suolo che cedono calore a un livello termico sufficiente per l'evaporatore della pompa di calore ai fini del riscaldamento. Per ottenere questo scambio termico esistono varie tecniche; la più diffusa consiste nella realizzazione di pozzi geotermici di profondità limitata, dell'ordine dei 100 m. Si eseguono varie perforazioni verticali, il cui numero è funzione della necessità di potenza termica richiesta, e si inserisce in ognuna un sistema chiuso composto da tubi di mandata e di ritorno al cui interno si fa scorrere successivamente un fluido composto da acqua e antigelo. La terra, per conduzione, cede calore alla sonda che, a sua volta, lo trasmette alla pompa di calore, tornando così in pozzo a una temperatura inferiore a quella del terreno.

In genere le perforazioni hanno una profondità tra gli 80 e i 150 metri, a seconda del tipo di terreno e utilizzo. A tali condizioni, in prima approssimazione, la temperatura del sottosuolo non è influenzata dalle variazioni climatiche esterne e si mantiene grosso modo costante durante l'arco dell'anno, intorno ai 15 °C.

Effettuando però lo scambio termico con il fluido esterno, il terreno va raffreddandosi; questo processo può essere invertito durante l'estate facendo circolare nei tubi acqua più calda derivante da processi di raffrescamento. Se l'esigenza di raffrescamento non è particolarmente elevata, si può pensare di utilizzare la sola T del terreno per ottenere la temperatura richiesta, con un abbattimento vicino allo zero dei costi di esercizio: si parla in questo caso di *freecooling*.

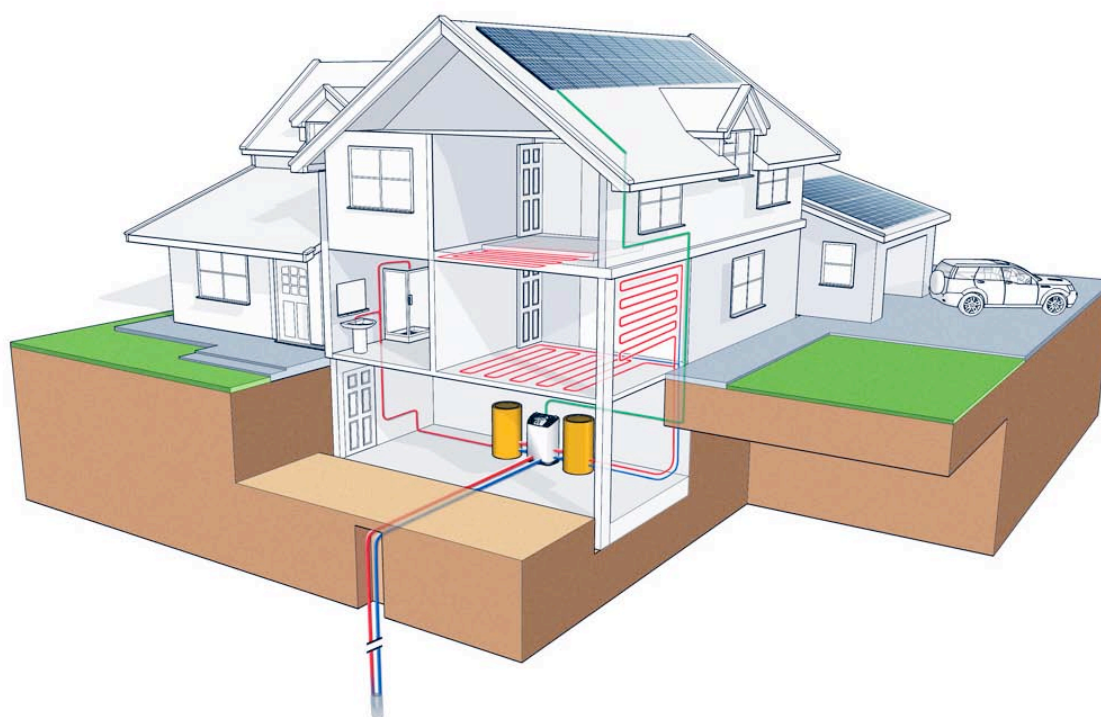
A seconda del tipo di utilizzo e della quantità che ci occorre, si può agire in due modi differenti: o ricercare temperature più alte attraverso perforazioni più profonde, o realizzando tubazioni in serie per aumentare la portata totale. Tralasciando le anomalie

geotermiche che possono indurre a ricercare alte temperature, in genere non risulta conveniente optare per perforazioni profonde, in quanto le dispersioni termiche durante il percorso di risalita vanificherebbero in parte gli sforzi effettuati; inoltre, se si vogliono utilizzare i medesimi collettori anche per lo stoccaggio del calore nel sottosuolo, e quindi per esigenze di raffrescamento, non è ottimale per il bilancio termico annuale raggiungere temperature troppo elevate che inficerebbero l'efficienza del sistema durante il funzionamento estivo.

Il metodo più adottato consiste nel posare i tubi all'interno di una serie di pozzi con una profondità sufficiente a creare una piccola T e con portate elevate.²⁵

8.2.5.2 SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

F. 64 esempio d'impianto geotermico con sonde verticali



La tipologia più diffusa di impianti geotermici sfrutta sonde di tipo verticale (con questa tipologia di sonde l'estrazione di calore è meno influenzata dalle condizioni ambientali esterne), che penetrano nel terreno attraverso pozzi geotermici di profondità limitata;

²⁵ Tinti F., *Geotermia per la climatizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008

infatti, il soddisfacimento di un certo fabbisogno termico si ottiene non con una perforazione molto profonda ma con più perforazioni con una profondità massima di 150 m.

La progettazione di un sistema di sonde richiede di considerare una serie di fattori che pregiudicano l'efficienza del sistema geotermico.

In base allo spazio a disposizione, occorre studiare la geometria del sistema di sonde in modo da conferire loro una distanza reciproca sufficiente ad impedire l'interferenza termica tra una sonda e l'altra: il range è variabile tra 4 e 8 m in base anche alla conducibilità del terreno.

Anche nel rispetto delle distanze reciproche è sempre consigliabile non eccedere con il numero di sonde, su piccole superfici, al fine di evitare variazioni termiche significative del terreno.

La profondità delle perforazioni è determinata in base al volume dei locali da scaldare ed al tipo di terreno.

I pozzi verticali sono perforazioni con un diametro di circa 15 cm in cui si annegano, in una miscela ternaria di acqua-cemento-bentonite (ad alta conducibilità termica per favorire lo scambio col terreno), tubazioni a U o a doppio U, in materiale plastico o in metallo; hanno una lunghezza variabile tra i 20 e i 300 metri, in base alla geologia locale, alla presenza di acqua sotterranea e al tipo di utilizzo. All'interno delle sonde circola acqua che scambia calore col terreno (cedendo energia termica al sottosuolo in estate e assorbendola in inverno) interagendo con la pompa di calore tramite il circuito di collegamento.

- *Le sonde:*

esistono vari tipi di sonde geotermiche verticali, di norma sono composte da due tubi plastici, di piccolo diametro (da 20 a 40 mm), a forma di U interrati in un pozzo. Secondo la resistenza e la conducibilità termica dei materiali, esistono differenti tipi di sonde.

Le sonde in metallo sono state le prime a essere realizzate. Attualmente, benché dispongano di buone proprietà di conducibilità termica, non vengono utilizzate in quanto sono soggette eccessivamente a corrosione.

Le sonde in polietilene ad alta densità termosaldato, collegate alla base attraverso un raccordo a V, sono quelle più comuni. La vita media, in condizioni normali (pressione: circa 16 bar; temperatura: circa 15 °C), è superiore ai 100 anni, mentre, all'aumentare della temperatura e della pressione, essa si abbassa notevolmente, fino a scendere sotto i 10 anni nel caso di temperature sopra i 60°C. Queste sonde non sono adatte quindi per alte profondità e gradienti geotermici anomali, invece sono funzionali, anche in termini di costi, ai classici pozzi da 100-150 metri per il riscaldamento civile.

Le sonde in polietilene reticolato ad alta pressione, stabilizzato ai raggi ultravioletti, sono invece di tecnologia più avanzata e con un costo raddoppiato rispetto a quelle in polietilene. Hanno una resistenza superiore alla pressione e soprattutto alla temperatura (il range di adattabilità varia da -40 °C a 95 °C), il che le rende adatte a progetti geotermici di notevole importanza e ad accumuli termici nel sottosuolo, per esempio del calore in eccesso generato da pannelli solari termici.

Tra le possibilità di impiego di queste sonde si va affermando la configurazione a doppio U che presenta i vantaggi seguenti:

- nel caso di occlusione di un tubo, l'altro restante, essendo i due circuiti svincolati in un pozzo, può continuare a fare circolare una certa quantità di portata, fornendo, anche se in maniera ridotta, potenza alla pompa di calore;
- la resistenza termica del pozzo è inferiore perché, a parità di portata con una sonda a U singolo, i tubi sono di diametro inferiore; si ha quindi uno scambio termico migliore col terreno.

In contrapposizione alla classica configurazione a U, un'altra possibilità è data dagli scambiatori coassiali che però non hanno ancora riscontrato grande successo e diffusione.

- *Il materiale di ripieno:*

tra i tubi e la parete del pozzo, per assicurare un buon contatto termico col suolo, viene introdotto un materiale di ripieno. Nel caso che la perforazione attraversi una falda acquifera, il materiale di ripieno ha anche la funzione di prevenire la circolazione verticale di acqua sotterranea. A questo scopo possono essere

utilizzati vari materiali: il più comune è una boiaccia cemento-bentonitica, ma esistono casi di pozzi riempiti con sabbia e sedimenti del terreno.

Oltre alla conducibilità termica, il materiale di riempimento deve rispettare le caratteristiche di compatibilità ambientale e resistenza. In particolare, i parametri da considerare sono:

- la solubilità: il materiale non deve essere solubile in quanto, nel caso dell'intercettazione di falde, non deve alterarne la composizione;
- l'elasticità: deve poter resistere alle sollecitazioni indotte dai movimenti naturali e antropici del terreno.

Il materiale di riempimento bentonitico, benché idoneo in quanto a elasticità e solubilità, non presenta in effetti conducibilità termica elevata, il valore si aggira sui 0,6/0,7 W/ (mK), e ciò rende la resistenza termica della malta la più elevata tra le resistenze in serie del pozzo. Al contrario, il solo riempimento con sabbia diminuisce notevolmente la resistenza termica, con un conseguente aumento dello scambio, ma, salvo alcuni casi particolari, non risponde ai requisiti di resistenza richiesti.

Una soluzione ottimale sarebbe quella di ridurre al minimo indispensabile la malta bentonitica e riempire il resto con sabbia e materiale di scavo, curandosi di non lasciare interstizi vuoti.

- *Il fluido termovettore:*

è in genere composto da acqua a cui può essere aggiunto un anticongelante se si teme che la temperatura possa scendere sotto i 0 °C. L'anticongelante più utilizzato attualmente, in percentuali variabili dal 10 al 30% è il *glicole propilenico* che permette l'abbassamento del punto di congelamento dell'acqua fino intorno a -15 °C. Questo accorgimento è particolarmente importante nella modalità riscaldamento dell'impianto in quanto lo scambio di calore della macchina può portare a variazioni di temperatura anche nell'ordine dei 20 °C, il che comporta l'abbassamento della temperatura del fluido termovettore sotto il punto di congelamento naturale dell'acqua.

Esistono altri tipi di anticongelante con caratteristiche diverse. Il glicole propilenico è quello che però soddisfa maggiormente i requisiti richiesti delle

sonde geotermiche sia dal punto di vista della compatibilità con il sistema, sia sotto il profilo ambientale, nel caso di rottura delle sonde e di sversamento di fluido nel terreno.²⁵

T. 12 tabella per il dimensionamento di massima delle sonde geotermiche verticali

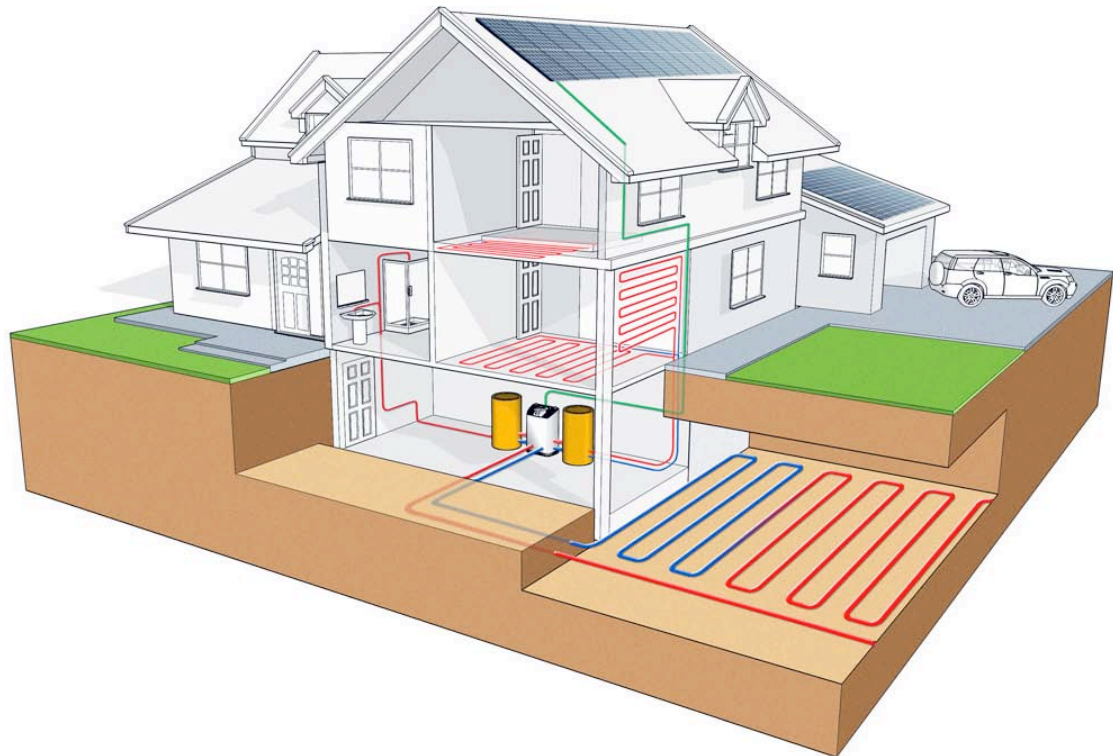
Tipo di suolo	Conducibilità termica	Potenza specifica d'estrazione
	W/mK	W/m
Sottosuolo di cattiva qualità	<1,5	20
Rocce indurite o rocce mobili sature d'acqua	1,5-3,0	50
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	>3,0	70
Ghiaia, sabbia, secco	0,4	<20
Ghiaia, sabbia, acquifero	1,8-2,4	55-75
Argilla, limo, umido	1,7	30-40
Calcere, massiccio	2,8	45-65
Arenaria	2,3	55-65
Granito	3,4	55-70
Basalto	1,7	35-55
Gneiss	2,9	60-70

www.geothermie.ch

²⁵ Tinti F., *Geotermia per la climatizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008

8.2.5.3 SONDE GEOTERMICHE ORIZZONTALI

F. 65 esempio d'impianto geotermico con sonde orizzontali



Le sonde geotermiche possono essere anche di tipo orizzontale. Queste risultano essere meno costose rispetto a quelle verticali, ma sicuramente meno efficienti; infatti, il terreno, ad una profondità di circa 2-3 metri, risulta ancora essere soggetto alla stagionalità e quindi tende a subire (seppur in misura minore dell'aria) dei mutamenti termici. Inoltre, l'impianto può essere usato solo in zone che hanno accanto all'edificio uno spazio orizzontale disponibile (es. giardino). La superficie esterna necessaria è circa di 1,5 volte la superficie interna, anche se questo dipende dalla classe energetica dell'edificio stesso.

Questo tipo di impianto è indicato per zone temperate e comunque dove il terreno è esposto al sole per garantire il riscaldamento del terreno stesso. Non è però particolarmente adatta per la refrigerazione d'estate, in quanto nei mesi estivi il suolo in superficie può raggiungere temperature elevate che sfavoriscono il raffrescamento.

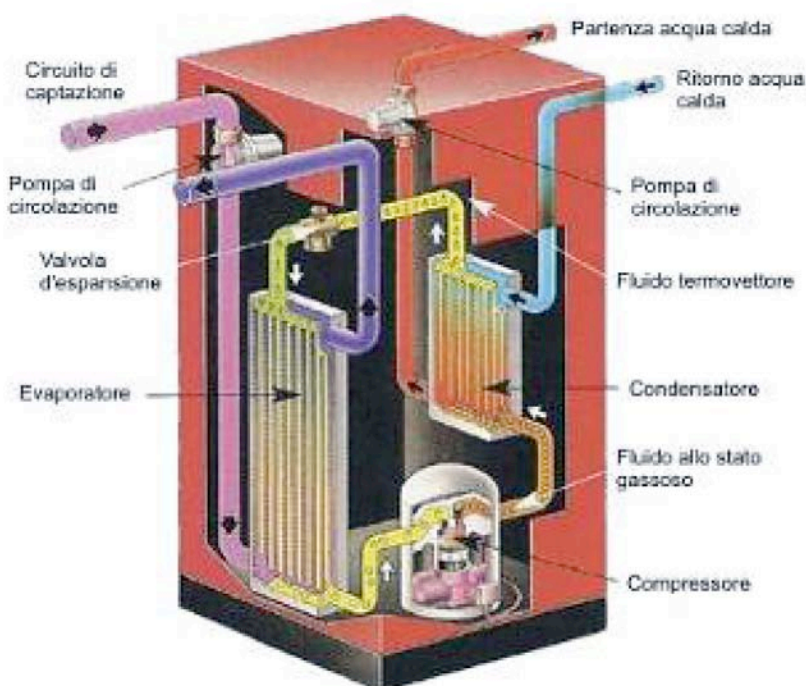
I tubi vengono interrati, tramite uno scavo, ad una profondità di circa 2-3 metri e collocati a una distanza di circa 0,6-1,5 metri tra loro. I tubi possono essere in polietilene o il polietilene reticolato ad alta pressione; la soluzione in polietilene semplice implica che venga predisposto un letto di sabbia dove alloggiare i tubi, in quanto non resistono alle sollecitazioni di carico esercitate da pietre e da altri corpi simili, mentre nel secondo caso è possibile inserire i collettori direttamente nello scavo utilizzando il materiale di risulta per realizzare il letto.

Una volta collocate tutte le sonde (questo vale sia per le sonde verticali che quelle orizzontali), il completamento dell'impianto prevede il collegamento idraulico finale. Affinché il circuito risulti bilanciato in ogni sonda si può optare per un sistema di collegamento e distribuzione con collettori e valvole di regolazione oppure con sistema di collegamento con circuito compensato in modo che i circuiti siano autobilanciati.²⁵

8.2.5.4 LA POMPA DI CALORE

La pompa di calore è un dispositivo che permette di trasferire calore da un sistema a una certa temperatura a un sistema a temperatura superiore.

F. 66 pompa di calore

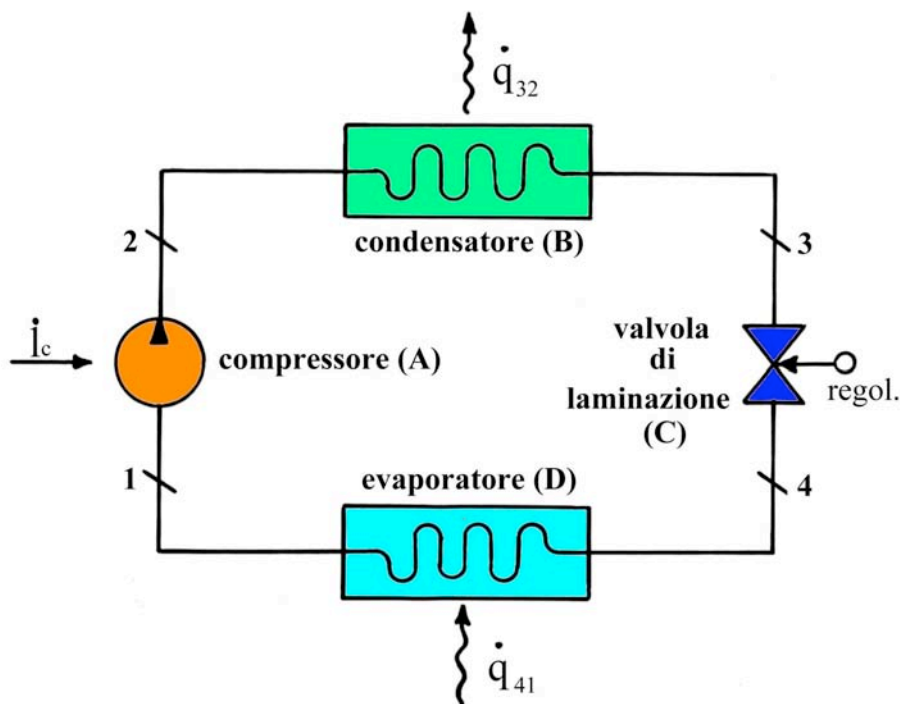


²⁵ Tinti F., *Geotermia per la climatizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008

Il nucleo della pompa di calore è un refrigeratore che funziona con un ciclo di compressione/espansione. Una pompa di calore, che scambia calore con il terreno, ha un rendimento molto più alto di uno che scambia calore con l'aria in quanto la temperatura del terreno è molto più stabile durante tutto l'anno, in particolare sotto i 7 metri di profondità dove a causa dell'inerzia termica è praticamente costante. I sistemi a pompa geotermica possono raggiungere efficienze del 300% - 600%. In teoria, il calore può essere estratto da qualsiasi fonte, non importa quanto freddo, ma una fonte più calda permette una maggiore efficienza.

Il funzionamento di una pompa di calore si basa sulla seconda legge della termodinamica, secondo la quale il calore non può spontaneamente fluire da una zona più fredda a una più calda. Per permettere questo flusso di calore è necessario fornire un lavoro.

F. 67 schema funzionamento della pompa di calore



In figura è mostrato uno schema semplificato di una pompa di calore con ciclo di refrigerazione a compressione di vapore: 1) condensatore 2) valvola di laminazione (o espansione), 3) evaporatore 4) compressore.

Il fluido di lavoro, allo stato gassoso, viene pressurizzato attraverso il compressore. Il fluido comprimendosi si scalda (ulteriormente) e in queste condizioni viene fatto passare attraverso uno scambiatore di calore (condensatore) da dove cede calore all'esterno e di conseguenza si raffredda. A questo punto il fluido refrigerante passa attraverso un dispositivo per abbassare la pressione (valvola di espansione). Il fluido che esce espandendosi si raffredda e viene fatto passare così da un secondo scambiatore (evaporatore) in cui il fluido si riscalda prendendo il calore dal suolo. Poi il ciclo si ripete.

In un tale sistema è essenziale che il refrigerante raggiunga una temperatura sufficientemente alta, quando è compresso, per permettere di scaldare l'ambiente. In pratica, questo significa che il refrigerante deve raggiungere una temperatura superiore all'ambiente attorno allo scambiatore di calore ad alta temperatura. Allo stesso modo, il liquido deve raggiungere una temperatura sufficientemente bassa dopo l'espansione per poter permettere di ricevere calore dal secondo scambiatore di calore (dal suolo). Maggiore è la differenza di temperatura, maggiore è la differenza di pressione necessaria, e quindi più energia è necessaria per comprimere il fluido. Così come per tutte le pompe di calore, il coefficiente di prestazione (quantità di calore trasferita per unità di lavoro fornito in ingresso) decresce all'aumentare della differenza di temperatura.

Nelle pompe di calore geotermiche il flusso del fluido può essere invertito per permettere di avere sia riscaldamento d'inverno che refrigerazione d'estate.

La pompa di calore geotermica può essere impiegata anche per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. Le esigenze dell'acqua calda sanitaria possono venire soddisfatte in diversi modi: con una pompa di calore dedicata, affiancata a quella del riscaldamento; con un serbatoio di accumulo che permetta lo stoccaggio del calore in eccesso dal circuito di condizionamento, con dei sensori per mantenere costante il valore della temperatura all'interno.

La pompa di calore, necessitando del contatto diretto con il terreno (a causa dei tubi all'interno dei quali scorre il fluido termovettore), deve essere posizionata nei piani bassi

dell'edificio, possibilmente in un vano apposito.²⁵

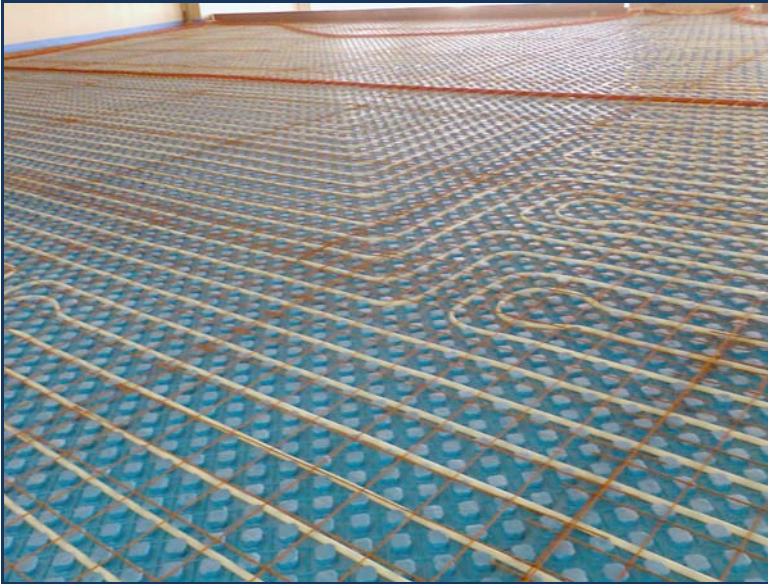
8.2.5.5 I TERMINALI DI RAFFRESCAMENTO E RISCALDAMENTO

Gli impianti geotermici sono particolarmente adatti per lavorare con terminali di riscaldamento/raffrescamento funzionanti a basse temperature (30-50°C), come ad esempio i pannelli radianti e i ventilcovettori. Infatti, più è piccola la differenza di temperatura tra il terreno e il fluido dell'impianto di distribuzione, più è alta l'efficienza dell'impianto.

I *pannelli radianti* rappresentano la migliore soluzione impiantistica: in inverno fanno circolare acqua calda a 30-35 °C e in estate acqua fredda a 18-20 °C, riscaldando e raffrescando con il massimo grado di comfort e risparmio energetico. I tradizionali radiatori, pur essendo in qualche caso utilizzabili per lavorare con una pompa di calore, risultano però assolutamente inadatti per raffrescare gli ambienti. L'energia termica, nei pannelli radianti, viene emessa da un elemento caldo (pavimento, parete, soffitto) e il riscaldamento delle persone e degli oggetti che si trovano in casa avviene direttamente invece che tramite il riscaldamento dell'aria; in questo modo avremo una temperatura gradevole agli arti inferiori percependo una sensazione di “non freddo”, indubbiamente piacevole, inoltre la temperatura all'altezza della testa è inferiore e quella a soffitto ancora più bassa. Avremo quindi l'effetto contrario dei radiatori o di un sistema tradizionale a convezione. Un sistema di riscaldamento ottimizzato ad irraggiamento.

²⁵ Tinti F., *Geotermia per la climatizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008

F. 68 pannelli radianti a pavimento



I principali vantaggi che gli impianti a pannelli radianti possono offrire riguardano:

- *il benessere termico*: per poter assicurare in un locale condizioni di benessere termico si devono mantenere zone leggermente più calde a pavimento e più fredde a soffitto;
- *la qualità dell'aria*: il riscaldamento a pannelli è in grado di evitare due inconvenienti tipici degli impianti a corpi scaldanti: la combustione del pulviscolo atmosferico, che può causare senso di arsure e irritazione alla gola e l'elevata circolazione di polvere, che (specie nei locali poco puliti) può essere causa di allergie e difficoltà respiratorie;
- *le condizioni igieniche*: gli impianti a pannelli esercitano un'azione positiva nel mantenimento di buone condizioni igieniche ambientali, in quanto evitano: il formarsi di zone umide a pavimento, sottraendo pertanto il loro ambiente ideale ad acari e batteri e l'insorgere di muffe (e della relativa fauna batterica) sulle pareti che confinano coi pavimenti caldi;
- *l'impatto ambientale*: gli impianti a pannelli sono gli impianti a minor impatto ambientale perché: non pongono vincoli di natura estetica, non limitano la libertà d'arredo, non contribuiscono al degrado di intonaci, pavimenti in legno e serramenti;
- *il calore utilizzabile a bassa temperatura*;
- *il risparmio energetico*: rispetto ai sistemi di riscaldamento tradizionali, gli impianti a

pannelli consentono apprezzabili risparmi energetici essenzialmente per due motivi: la maggior temperatura operante che consente (a pari temperatura ambiente) risparmi medi variabili dal 5 al 10%, il minor gradiente termico tra pavimento e soffitto che comporta risparmi energetici tanto più elevati quanto maggiore è l'altezza dei locali, l'uso di basse temperature che riduce le dispersioni lungo le tubazioni, il non surriscaldamento delle pareti poste dietro i radiatori e la mancanza di moti convettivi d'aria calda sulle superfici vetrate. Mediamente gli impianti a pannelli (in relazione agli impianti di tipo tradizionale) consentono un risparmio energetico variabile dal 10 al 15%.

I pannelli radianti hanno però anche dei limiti e degli svantaggi:

- In ambienti riscaldati con una certa continuità (e con buon isolamento sotto i pannelli) l'inerzia termica di questi impianti non pone alcun problema e consente: un buon adeguamento dell'impianto alle condizioni climatiche esterne e interruzioni o rallentamenti di funzionamento, con tempi di attivazione e disattivazione dell'impianto che vanno normalmente anticipati di due ore; mentre in ambienti riscaldati solo per brevi periodi (ad esempio case di fine settimana) l'inerzia termica degli impianti a pannelli comporta sensibili sfasamenti tra i tempi di avviamento e quelli di effettivo utilizzo. Pertanto in questi casi conviene ricorrere ad altri sistemi di riscaldamento.
- Gli impianti a pannelli consentono anche il raffrescamento dei locali. Si deve tuttavia considerare che essi presentano, in merito, due limiti ben precisi: la limitata resa frigorifera e l'incapacità di deumidificare. La bassa resa frigorifera dipende dal fatto che negli impianti a pannelli non è possibile abbassare troppo la temperatura del pavimento senza provocare fenomeni di condensa superficiale. Per questo motivo risulta difficile ottenere potenze frigorifere superiori a 40-50 W/m². L'incapacità di deumidificare dipende invece dalla natura stessa degli impianti a pannelli i cui terminali (cioè i pavimenti) non possono far condensare ed evacuare parte dell'acqua contenuta nell'aria.

Condizioni igrometriche di benessere si possono pertanto ottenere solo con l'aiuto di deumidificatori: vale a dire con integrazioni dell'impianto a pannelli che comportano costi ed ingombri non sempre accettabili.

È praticamente impossibile stabilire dati medi significativi in merito ai costi richiesti per realizzare gli impianti a pannelli. Troppe infatti sono le variabili da prendere in esame, quali ad esempio: il tipo di impianto (autonomo o centralizzato), il sistema di regolazione, la resistenza termica dei pavimenti, il costo dei materiali isolanti da porre sotto i pannelli, il costo e la qualità del tubo costituente i pannelli.

Si può comunque ritenere che gli impianti a pannelli costino mediamente dal 10 al 30% in più degli impianti a radiatori con regolazione climatica.

Per quanto riguarda invece i costi di gestione, gli impianti a pannelli consentono risparmi mediamente variabile dal 10 al 15% rispetto agli impianti tradizionali. E consentono pertanto di ammortizzare in tempi relativamente brevi il maggior costo sostenuto per la loro realizzazione.²⁵

8.2.6 PROGETTO

La geotermia a sonde verticali è stata scelta da progetto come fonte primaria per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale. La conoscenza del tipo di sottosuolo gioca un ruolo determinante per il corretto dimensionamento dell'impianto poiché non tutti i tipi di rocce e di terreni hanno la stessa conducibilità termica; per determinare il rendimento termico del terreno a disposizione è quindi stato necessario svolgere opportune indagini geologiche, tenendo presente anche che la presenza d'acqua aumenta il rendimento di un impianto migliorando lo scambio termico tra impianto e sottosuolo.

8.2.6.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E IDROGRAFICHE DELL'AREA DI PROGETTO

Nella zona di Vercelli est si desume l'esistenza, a partire dalla superficie, di un complesso ghiaioso costituito da ghiaie eterometriche miste a sabbia, con lenti più fini rappresentate da silts e silts argillosi, solitamente poco estese e di spessore limitato. L'origine di tale complesso è riferibile ad ambienti deposizionali di tipo fluvioglaciale/fluviale.

²⁵ Tinti F., *Geotermia per la climatizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008

I valori di permeabilità identificano un acquifero libero localizzato a modesta profondità dal piano campagna.

Procedendo in profondità, si ha la comparsa di una successione di orizzonti ghiaioso-sabbiosi cui si associano livelli a granulometria variabile dalle argille limose alle sabbie fini argillose. Tale complesso delle alternanze soggiace al complesso ghiaioso e rivela una geometria lenticolare, con tendenza all'ispessimento in direzione della zona assiale della pianura.

Il complesso ghiaioso superficiale si estende fino a circa 25÷30 m di profondità: è costituito da depositi fluviali-fluvioglaciali a granulometria prevalentemente grossolana, con locali intercalazioni di orizzonti sabbioso-limosi localmente argillosi a geometria per lo più lenticolare.

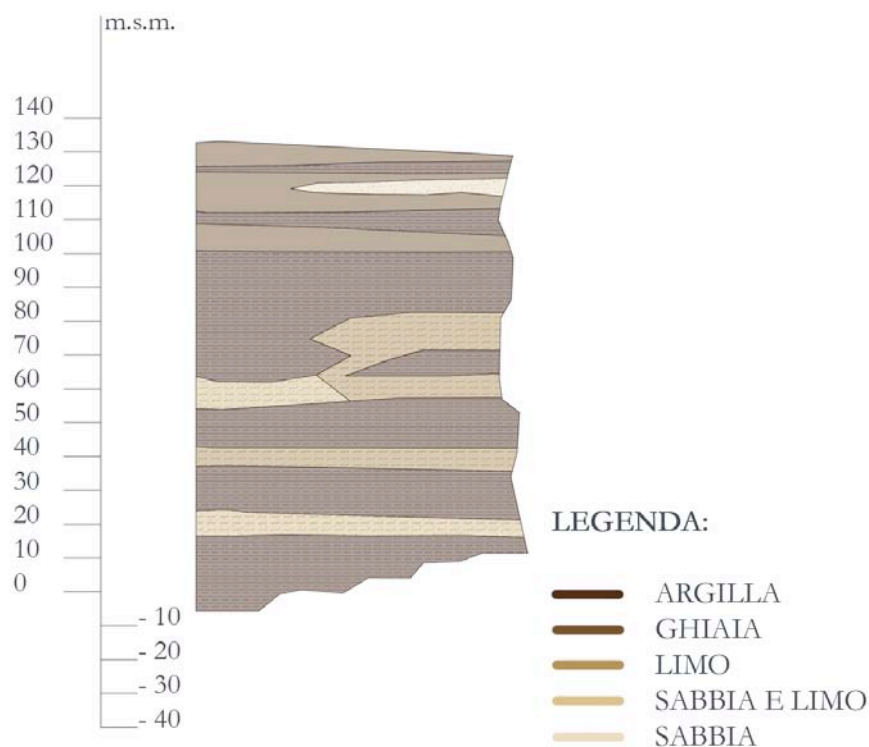
La falda superficiale, ospitata nel complesso ghiaioso, mostra una direzione prevalente di deflusso NW-SE, con senso di scorrimento verso SE e gradienti idraulici mediamente bassi.

La falda libera, per quanto ricca e di facile accesso, si trova in diretta connessione idraulica con le acque circolanti in superficie e pertanto priva di protezione nei confronti di agenti inquinamenti esterni.

Nell'insieme le caratteristiche fisico-geometriche del complesso sono tali da individuare un ottimo acquifero, strutturato in sistema multifalda in pressione. La sua distribuzione in profondità è abbastanza uniforme.²⁸

²⁸ *Comune di Vercelli, Architetto Liliana Patriarca, "Relazione geologica", Vercelli, giugno 2010*

F. 69 stratificazione del terreno della città di Vercelli



Un dimensionamento di massima può essere effettuato basandosi sui dati riportati nella tabella :

T. 13 tabella indicante la resa in w/m dei diversi tipi di terreno

Litologia	Resa W/m	Litologia	Resa W/m
Granito	77	Gesso	23
Granodiorite	62	Ghiaia asciutta	34
Gabbro	68	Ghiaia satura	44
Basalto	69	Sabbia asciutta	36
Porfido	63	Sabbia satura	65
Ossidiana	65	Limi/argille nsa	32
Pomice	63	Limi/argille sa	39
Calcere	54	Gneiss	102
Arenaria	50	Marmo	95
Travertino	53	Scisto	76

8.2.6.2 DIMENSIONAMENTO SONDE VERTICALI

Dalle analisi geologiche del sito, il sottosuolo dell'area di progetto è classificabile come “area pianeggiante litologicamente costituita da ghiaie sabbiose con locali intercalazioni decimetriche limoso-sabbiose”. Di conseguenza la conducibilità termica può essere considerata compresa tra 1,8 e 2,4 W/mK, e la potenza di estrazione tra 55 e 65 W/m.

Il dimensionamento delle sonde geotermiche, oltre che dalle caratteristiche geofisiche del terreno sopra enunciate, risulta strettamente dipendente dal fabbisogno energetico dell'edificio o del complesso di edifici che si vogliono far servire da esso.

Gli edifici, sono stati progettati per rientrare nella classe energetica A. L'impianto asservirà un totale di 6.880 m² di superficie riscaldata, per un totale di 158.592 kW di fabbisogno termico annuale. Si stima inoltre che circa i 2/3 del fabbisogno totale (105.728 kW) si concentrino in 1/3 del tempo, ossia in circa 60 giorni (corrispondenti al periodo Dicembre-Gennaio, o Luglio-Agosto). Si considera, inoltre, un'ipotesi relativa al regime di funzionamento dell'impianto, peraltro largamente conservativa, di circa 14 ore al giorno.

Di conseguenza il fabbisogno energetico orario da soddisfare sarà di 125,8 kW, il 50% del quale (circa 62,9 kWh) dovrà essere prodotto dall'impianto geotermico.

Prendendo in considerazione pompe di calore con COP 4 la potenza elettrica presa dalla rete ed immessa nell'ambiente (data dal rapporto fra la potenza totale e il coefficiente di prestazione) sarà di 15,7 kW. La potenza restante, cioè 47,2 kW dovrà essere estratta dal suolo.

Le sonde di captazione, come in tabella T4, hanno potenza specifica d'estrazione di circa 55 W/m, di conseguenza dovranno essere posizionati circa 858 m di sonde, tendendo in considerazione che la distanza minima tra le trivellazioni, perché esse non influiscano negativamente l'una verso le altre, dovrà essere di 10 m. Si è scelto inoltre di non scendere ad una quota maggiore di 100 m, di conseguenza il numero di sonde verticali sarà di 8.

8.2.6.3 POMPA DI CALORE

Le pompe di calore collegate all'impianto geotermico progettato sono tre ed entrano in funzione a rotazione. Durante il periodo invernale le pompe di calore, collegate alle sonde geotermiche, permettono la produzione dell'acqua calda per il riscaldamento, che viene

conservata in un serbatoio d'accumulo, e per gli usi sanitari di tutto il complesso; mentre durante l'estate soddisfano solo la produzione dell'acqua calda per usi sanitari.

Nell'ambito del progetto architettonico si sono individuati gli spazi da dedicare al collocamento delle apparecchiature costituenti gli impianti tecnologici. Tali spazi sono indicati come locali tecnici.

8.2.6.4 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

All'interno degli ambienti *indoor* il sistema è stato pensato del tipo a pavimento mediante pannelli radianti, in grado di erogare la necessaria energia termica a bassa temperatura ($t_m = 35^\circ\text{C}$ e $t_r = 25^\circ\text{C}$).

8.3 FOTOVOLTAICO

Un impianto fotovoltaico è un vero e proprio impianto elettrico per la produzione di energia elettrica da energia solare. La particolarità di questo tipo di impianto è che è accessibile a una grande quantità di persone per la possibilità di essere scalato facilmente da impianti a grande taglia fino a impianti di piccole dimensioni per uso domestico. Inoltre questo è realizzabile utilizzando sistemi che non producono rumore e inquinamento.

Il sistema solare fotovoltaico sfrutta la caratteristica che alcuni materiali adeguatamente preparati, come il silicio, presentano di cedere elettroni agli atomi adiacenti, nel momento in cui vengono colpiti da fotoni di luce. Viene in questo modo prodotta una corrente continua che, per essere utilizzata nei normali circuiti elettrici, deve essere trasformata e stabilizzata in corrente alternata (con caratteristiche di tensione e frequenza ben definite e costanti). A tale scopo un insieme di apparecchiature elettroniche ed elettriche costituiscono l'impianto fotovoltaico per la trasformazione dell'energia solare in corrente elettrica.

I pannelli fotovoltaici stanno ottenendo rapidamente il favore di consumatori e famiglie. Il vantaggio è evidente, investendo in un impianto fotovoltaico casalingo si abbatte il costo dell'energia elettrica per almeno 25-30 anni.

8.3.1 STORIA DEL FOTOVOLTAICO

I pionieri (1839 – 1917)

1839: Edmond Becquerel, a diciannove anni, scopre l'effetto fotovoltaico durante alcuni esperimenti con celle elettrolitiche, osservando il formarsi di una d.d.p. tra due elettrodi identici di platino, uno illuminato e l'altro al buio; la d.d.p. dipendeva dall'intensità e dal colore della luce.

1873: Willoughby Smith scopre la fotoconducibilità del selenio.

1876: Due scienziati britannici, Adams e Day, osservano il selenio convertire la luce del sole direttamente in elettricità, senza riscaldare un fluido e senza utilizzare parti mobili.

Giunzioni di selenio e suoi ossidi metallici vengono utilizzate ancor oggi per la produzione di luxmetri.

1883: Fritz descrive il funzionamento di una cella fotovoltaica nel tentativo di simulare l'occhio umano; ne produce una di circa 30 centimetri quadrati a base di selenio con un'efficienza di conversione dell'1-2 %.

1904: Hallwachs scopre l'effetto fotovoltaico in un dispositivo a base di rame.

1905: Albert Einstein pubblica la sua teoria sull'effetto fotoelettrico che gli porterà il premio Nobel.

1914: Il rendimento delle celle al selenio si aggira intorno all'1%. Oggi, in laboratorio, le celle al silicio e altri materiali raggiungono quasi il 40%.

1917: Kennard e Dieterich usano il concetto di barriera di potenziale per spiegare l'effetto fotoelettrico.

Lo sviluppo delle tecnologie

I primi dispositivi basati sul silicio si possono osservare già nei primi anni '40. Ma è nella primavera del 1953 che, studiando il silicio e le sue possibili applicazioni nell'elettronica, Gerald Pearson, fisico presso i laboratori Bell, costruì involontariamente una cella solare a silicio molto più efficiente di quella a selenio. Altri due scienziati della Bell – Darryl Chapin e Calvin Fuller – perfezionarono la scoperta di Pearson e realizzarono la prima cella in grado di convertire in elettricità abbastanza energia solare per alimentare dispositivi elettrici di uso quotidiano: il primo giorno di sole del 1954 la cella al silicio funzionava con un rendimento del 6%.

Negli anni '60 si cominciò a pensare di produrre “nastri e fogli” di silicio, per cercare di risolvere il problema degli ingenti sprechi di materiale dovuti al taglio dei lingotti. Ancora negli anni '60 Shurland propose l'utilizzo del solfuro di Cadmio, e nel '67 era pronta la prima cella a solfuro di cadmio depositato su plastica.

Negli anni '70 cominciarono ad essere sviluppate, nell'ambito delle applicazioni spaziali, celle all'arseniuro di Gallio, le quali presero definitivamente piede nell'ultimo decennio del secolo. Vennero sviluppati procedimenti per produrre silicio policristallino, meno costosi e meno dispendiosi di quelli per il monocristallino. Dopo la crisi petrolifera del '73 Carson ottiene per caso una pellicola sottile di silicio amorfo idrogenato, che nel '76 raggiunge il rendimento del 5,5%. In quegli anni il DOE PV Research and Development Programme

sperimentava pellicole sottili al silicio cristallino, e tutta una gamma di nuovi materiali: CIS, CdTe, InP, Zn₃P₂, Cu₂Se, Wse₂, GaAs, ZnSiAs. È interessante notare che l'utilizzo di pellicole sottili era già stato proposto dallo stesso Chapin, all'epoca delle sue prime scoperte.

Nei primi anni '80 Barnett, per conto della SERI, si interessò al tellururo di cadmio e alle pellicole di silicio policristallino, fondando la società "AstroPower", oggi ben nota. Sempre nei primi anni '80, Martin Green, lavorando alla tecnologia del silicio, sostituì la serigrafia con solchi in rame realizzati con il laser. Nel 1988 i fogli di silicio venivano ricavati da poligoni ottagonali, migliorando il rendimento del processo e diminuendo la fragilità.

Nel 1997 veniva "lanciata" la prima cella a giunzione tripla a silicio amorfo.

I ricercatori del FV hanno avuto un ruolo chiave nella scoperta di nuovi materiali semiconduttori e strutture ibride, e diedero importanti contributi alle tecniche di crescita epitassiale e di crescita delle pellicole lattice-matched; una delle prime applicazioni delle strutture ibride a semiconduttore sull'GaAs e le giunzioni III-V, sviluppate originariamente per i campi FV a concentrazione.

In 50 anni di ricerche sul fotovoltaico, mentre questo beneficiava dell'esplosione della tecnologia microelettronica del silicio, produceva nel contempo nuove conoscenze a beneficio di quella stessa industria elettronica con cui era intimamente legato.

Le applicazioni

L'Aeronautica e l'Esercito statunitensi seguirono molto da vicino lo sviluppo della cella solare a silicio presso i laboratori Bell. Entrambi ritenevano che il fotovoltaico potesse costituire la fonte energetica ideale per un progetto top-secret: i satelliti artificiali orbitanti attorno alla Terra. Grazie a un'assidua crociata condotta da Hans Ziegler, del corpo del Genio Trasmissioni dell'esercito statunitense, la Marina Militare installò sui satelliti un sistema energetico a due sorgenti – batterie chimiche e celle solari al silicio – sul satellite Vanguard; mentre le batterie si esaurirono dopo una settimana circa, le celle solari funzionarono per anni.

Già dalla fine degli anni '50 il fotovoltaico forniva elettricità ai satelliti americani e sovietici. Gli ingegneri del solare progettarono moduli sempre più potenti, mentre il nucleare non realizzò mai le aspettative per i satelliti spaziali. Alla fine degli anni '70 le

celle solari erano ormai diventate fonte energetica abituale per i satelliti artificiali, e così è ancora oggi. La tecnologia era invece troppo costosa per gli usi terrestri, e lo rimase fino ai primi anni Settanta, quando Elliot Berman, sostenuto finanziariamente dalla Exxon, progettò un modulo solare notevolmente più economico.

Il primo acquirente importante di celle solari per uso terrestre fu l'industria petrolifera, che se ne servì in luoghi non serviti dalle linee elettriche: pannelli fotovoltaici vennero usati al posto di batterie tossiche (ingombranti e dalla vita breve) per alimentare le luci di segnalazioni sulle piattaforme petrolifere del Golfo del Messico e nei campi di estrazione del petrolio e del metano, dove servono piccole quantità di elettricità per combattere la corrosione delle teste dei pozzi e dei condotti.

Nel 1974 John Oades, ingegnere presso una controllata della GTE, progettò un ripetitore a bassissima potenza per il quale era sufficiente l'energia fotovoltaica. Così non ci fu più il problema di trasportare carburante o batterie nelle impervie zone montane dove venivano installati i ripetitori, e nelle piccole comunità del West degli Stati Uniti i residenti smisero di percorrere grandi distanze per poter effettuare una telefonata interurbana. L'Australia, con una popolazione relativamente piccola distribuita su un territorio molto ampio, cominciò a installare reti di comunicazione a energia fotovoltaica già nel 1978. Alla metà degli anni '80 le celle solari erano diventate la fonte energetica di elezione per le reti remote di telecomunicazioni in tutto il mondo.

Nel 1977 il Capitano Lloyd Lomer, della Guardia Costiera statunitense, diede il via ad un programma fotovoltaico per alimentare le boe isolate e i fari costieri. Oggi la maggior parte degli ausili per la navigazione in tutto il mondo funziona a celle solari. Verso la metà degli anni '70 molte compagnie ferroviarie ricorsero al fotovoltaico per alimentare i dispositivi di segnalamento e di smistamento necessari per la sicurezza del traffico ferroviario, funzionanti grazie ai sistemi di comunicazione a microonde. Le comunicazioni fra le stazioni ferroviarie poterono fare a meno dei pali e dei cavi telefonici lungo i binari.

Quando, sempre negli anni '70, la grande siccità colpì la regione del Sahel in Africa, padre Bernard Verspieren avviò un programma di pompaggio fotovoltaico per attingere acqua dalle falde acquifere che fa ormai da modello per il mondo in via di sviluppo. A quei tempi, in tutto il mondo c'erano meno di dieci pompe fotovoltaiche. Oggi ce ne sono decine di migliaia.

Negli anni '80 l'ingegnere svizzero Markus Real dimostrò la validità della generazione distribuita installando moduli solari da tre kilowatt su 333 tetti di Zurigo. Da allora, nessuno parla più di centrali elettriche fotovoltaiche, e i vari governi stanno sviluppando piani di incentivazione finanziaria per incoraggiare i cittadini a solarizzare i propri tetti.

Poiché il costo dell'installazione delle linee di trasmissione elettrica è estremamente elevato, oltre due miliardi di persone nei paesi in via di sviluppo sono ancora prive di elettricità di rete. Intanto, però, in metà delle famiglie delle isole della Polinesia francese, nelle zone rurali del Kenya, nella Repubblica Dominicana e nel Centroamerica, migliaia di persone alimentano lampadine, televisori e radio con l'elettricità solare.

L'affidabilità e la versatilità del fotovoltaico in ambiente spaziale e terrestre hanno impressionato molti addetti ai lavori nell'industria elettrica e delle telecomunicazioni. Oggi la Banca Mondiale e molti organismi internazionali ritengono che le celle solari “abbiano un ruolo importante e sempre crescente nella fornitura di servizi elettrici nelle aree rurali dei paesi in via di sviluppo”.²⁹

8.3.2 IL FOTOVOLTAICO AI GIORNI NOSTRI

La produzione nel mondo

La produzione di energia elettrica da fotovoltaico è presente in oltre 100 paesi nel mondo ed è l'energia rinnovabile con più alta percentuale di crescita. Tra il 2004 e il 2009, gli impianti fotovoltaici collegati alla rete sono aumentati a un tasso medio annuo del 60 %. Nel 2009 circa il 7 GW di capacità sono stati allacciati alla rete, aumentando il totale esistente del 53 % arrivando a circa 21 GW totali nel mondo (più altri 3-4 GW off-grid). Questo è stato l'anno con il più grande volume di installazioni fotovoltaiche nonostante il brusco stop del mercato spagnolo dovuto allo stop dei sussidi per il raggiungimento dell'obiettivo nazionale in termini di capacità installata.

La capacità cumulativa di impianti fotovoltaici a livello mondiale è ormai quasi sei volte quello che era alla fine del 2004 e le previsioni per i prossimi anni sono ancora migliori. La Germania torna ad essere il leader non solo come capacità totale installata (circa la metà della capacità mondiale) ma anche come capacità installata nell'ultimo anno, ben 3,8 GW,

²⁹ Tratto da www.caspi.it

portando la capacità totale installata a 9,8 GW. La Germania con la sua politica di sviluppo ha avuto anche un ruolo fondamentale nello sviluppo delle tecnologie per il fotovoltaico e quindi anche alla riduzione dei costi, che ha permesso a sua volta un'accelerazione dello sviluppo in tutto il mondo.

Ben lontana dai livelli di sviluppo della Germania, ma comunque seconda al mondo in termini di capacità installata nel 2009, c'è l'Italia con 710 MW, più del doppio del 2008 per merito delle buone tariffe incentivanti. Al terzo posto c'è il Giappone con nuovi 485 MW installati, seguono Stati Uniti (470 MW), Repubblica ceca (411 MW), Belgio (292 MW), Francia (185 MW) e Cina (160 MW).

T. 14 potenza totale installata nelle varie nazioni

Nazione	Potenza installata
Germania	9.8 GW
Spagna	3.4 GW
Giappone	2.6 GW
Stati Uniti	1.2 GW
Italia	1.1 GW
Sud Corea	0.4 GW
Altri EU	1.4 GW
Altri Mondo	0.9 GW
Totale	21 GW

www.wikipedia.it

L'introduzione in Italia

Nell'agosto del '61, in occasione della prima Conferenza Internazionale delle Nazioni Unite sulle Fonti di Energia Nuove e Rinnovabili, svoltasi a Roma, vennero presentate numerose opere sullo stato dell'arte e sulle prospettive del fotovoltaico. Dopo la crisi petrolifera del 1973 il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) cominciò a fabbricare celle solari, vennero fondate la Solare S.p.a e la Helios Technology, inizialmente nota come Secies.

Nel 1979, al Passo della Mandriola, nella comunità dell'appennino Cesenate, venne installato il primo impianto fotovoltaico italiano da 1 kW, frutto di una collaborazione tra l'Istituto LAMEL del CNR, l'ENEL, la Riva Calzoni e la Helios Technology.

Negli anni '90 l'Italia era primo posto in Europa per la potenza installata in impianti fotovoltaici

(circa 25 MW), e nel 1993 nacque il Piano Fotovoltaico Nazionale, al quale parteciparono, tra gli

altri, l'ENEA, l'ENI Eurosolare e l'Helios Technology.

Oggi

Fino a qualche anno fa, il costo dell'energia prodotta da fotovoltaico era sensibilmente più elevato rispetto a quello dell'energia prodotta da fonte fossile. Le incentivazioni all'uso di questa tecnologia, prima a fondo perduto e poi con il meccanismo del "Conto Energia", via via adottate in moltissimi Paesi, hanno consentito un'ampia diffusione degli impianti, compensando il gap di competitività economica.

Il consolidamento di un mercato sempre in crescita ha indotto l'industria a investire per il miglioramento delle tecnologie di produzione sulla base dei risultati provenienti dal mondo della ricerca e in impianti di produzione di massa, con la conseguente riduzione del costo degli impianti di oltre il 50% nel giro di 5-6 anni.

Una corretta gestione del "Conto Energia", con una riduzione della entità delle sovvenzioni per kWh prodotto in proporzione alla diminuzione dei costi di mercato degli impianti, e adeguate normative sulle nuove costruzioni, che dovrebbero sempre prevedere l'integrazione di impianti solari, consentirà il consolidamento del mercato nazionale consentendo all'industria di recente formazione di sostenere il passaggio da un regime incentivato alla libera competizione con le altre forme di produzione di energia.

Stime ragionevoli prevedono che, nelle nostre regioni meridionali, il costo del kWh prodotto da fotovoltaico sia già molto vicino alla piena competitività economica, anche se l'investimento iniziale costituisce comunque un freno non indifferente.

T. 15 principali centrali per la produzione di energia solare in Italia

Potenza installata	Luogo
24 MW	Montalto di Castro (Viterbo)
6 MW	Montalto di Castro (Viterbo)
4.7 MW	Serravalle Scrivia (Alessandria)
4.28 MW	Cascina Bonaparte – Ottobiano (Pavia)
4 MW	Soletto (Lecce)
4 MW	Squinzano (Lecce)
3.3 MW	Aprilia (Latina)
3.3 MW	Serre Persano (Salerno)
3.3 MW	Altomonte (Cosenza)
3.2 MW	Matino (Lecce)
3 MW	Poggiorsini (Lecce)
3 MW	Pollenza (Macerata)
3 MW	Villacidro (Medio Campidano)
2.9 MW	Prato (Prato)
2.8 MW	Pontenure (Piacenza)
2.75 MW	Montenero di Bisaccia (Campobasso)
2.5 MW	Isso (Bergamo)
2.3 MW	Corinaldo (Ancona)
2.2 MW	Sant Agostino (Ferrara)
2 MW	Cassano delle Murge (Bari)
2 MW	Assisi (Perugia)
2 MW	Buccino (Salerno)
2 MW	Nardò (Lecce)
2 MW	Lecce (Lecce)
2 MW	San Marco in Lamis (Foggia)
2 MW	Villacidro (Cagliari)

www.wikipedia.it

8.3.3 VANTAGGI

Oggi il termine fotovoltaico è sulla bocca di tutti. È una delle principali pietre miliari quando si parla della produzione energetica futura. Già oggi gli impianti fotovoltaici sono un'ottima alternativa alle energie fossili, il cui costo è in continuo aumento. Inoltre incrementano il valore di un immobile e contribuiscono ad assicurare la vostra pensione.

I principali vantaggi degli impianti fotovoltaici sono:

- *Vengono incentivati:* in molti Paesi le misure di risparmio energetico e di potenziamento delle energie rinnovabili vengono incentivate in ampia misura. Con i sistemi FIT è stata data all'incentivazione non solo una cornice affidabile, bensì si è garantito che l'utilizzo di energia proveniente da risorse rinnovabili possa affermarsi in futuro accanto alle fonti energetiche tradizionali.
- *Garantiscono una buona rendita:* in tempi, in cui gli investimenti di denaro non rappresentano una forma di risparmio sicura, l'investimento in un impianto fotovoltaico è un'alternativa più che conveniente.
- *Non rilasciano CO₂ nell'atmosfera:* gli impianti fotovoltaici riducono la domanda di energia da altre fonti tradizionali contribuendo alla riduzione dell'inquinamento atmosferico (emissioni di anidride carbonica generate altrimenti dalle centrali termoelettriche). L'emissione di anidride carbonica "evitata" ogni anno è facilmente calcolabile. E' sufficiente moltiplicare il valore di energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico per il fattore del mix elettrico italiano (0,531 Kg CO₂/kWhel).

Es. $1000 \text{ kWhel/kWp} \times 0,531 \text{ Kg} = 531 \text{ Kg CO}_2$

Moltiplicando poi l'anidride carbonica "evitata" ogni anno per l'intera vita dell'impianto fotovoltaico, ovvero per 30 anni, si ottiene il vantaggio sociale complessivo. Nel precedente esempio, l'impianto fotovoltaico durante la sua vita "evita" la produzione di 15.930 Kg di CO₂ e facilita il rispetto del Protocollo di Kyoto.

- *non attinge alle risorse naturali del pianeta, e non determina dunque impoverimento ambientale.*
- *Basso impatto paesaggistico:* la modularità dei pannelli solari consente di integrare i

moduli sulle superfici esistenti delle abitazioni, normalmente sui tetti. L'impatto ambientale e paesaggistico è pertanto nullo.

8.3.4 DATI

Per ottenere la massima produzione di energia, in fase di progettazione di un impianto, bisogna studiare l'irraggiamento e l'insolazione del sito. Questo consente di decidere l'inclinazione e l'orientamento della superficie del dispositivo captante.

Per la *latitudine* del nostro Paese, la posizione ottimale della superficie del pannello risulta quella a copertura dell'edificio con esposizione a Sud e con un angolo di inclinazione di circa 20-30° rispetto al piano orizzontale; ma anche la disposizione sul piano verticale del palazzo, cioè in facciata, riesce a conseguire ottimi risultati.

L'energia solare disponibile, come abbiamo precedentemente detto, è diversa a seconda della località. Qui di seguito, a titolo di esempio sono elencati i valori di insolazione media di altre principali località italiane:

- Milano 1372,4 kWh/mq anno;
- Roma 1737,4 kWh/mq anno;
- Trapani 1963,7 kWh/mq anno.

Questo dipende dalle caratteristiche morfologiche ed atmosferiche della zona.

Altro fattore importante che incide sulla produttività di energia è la *temperatura*. E' molto importante che il pannello fotovoltaico non si surriscaldi, perché all'aumentare della temperatura corrisponde una diminuzione della potenza generata, circa 0,5% a grado.

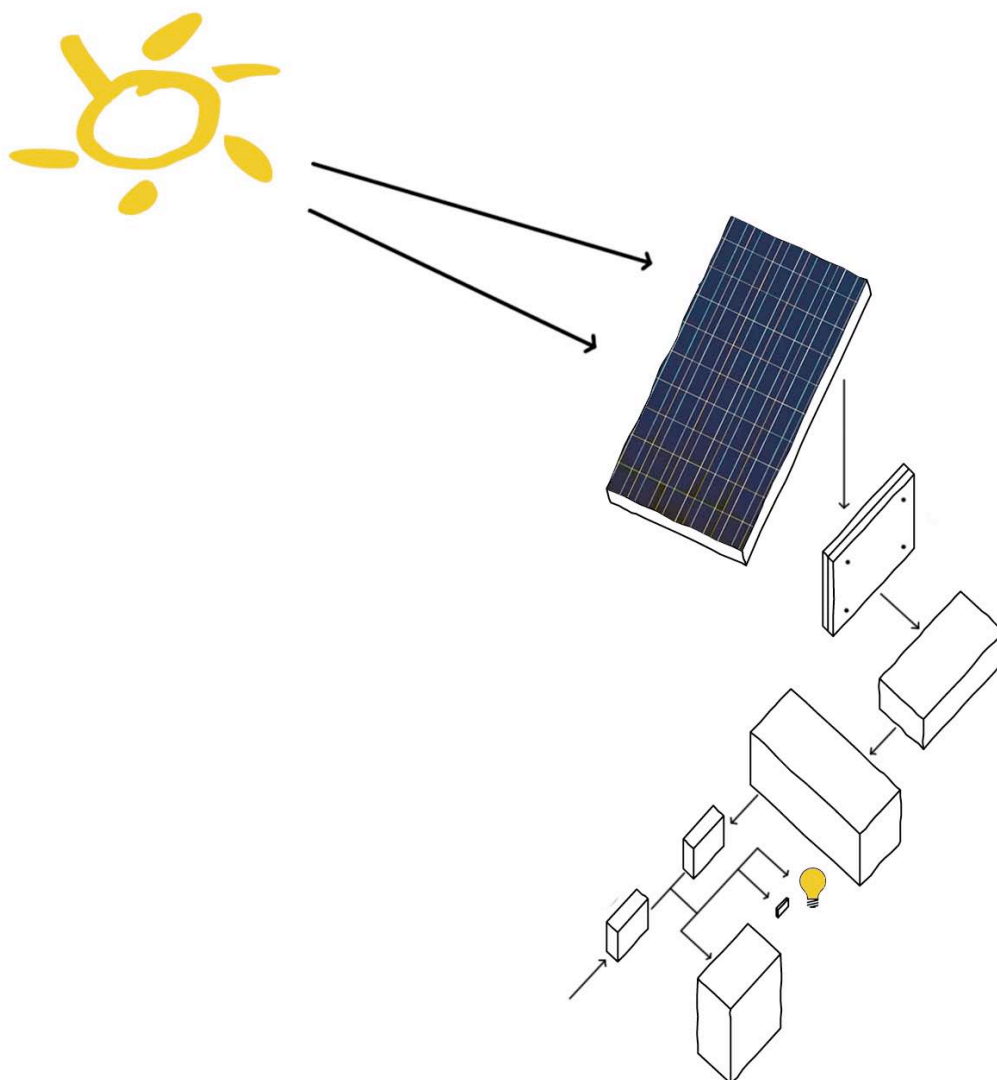
Anche l'ombreggiatura, ovviamente, ha un ruolo fondamentale nel posizionamento del pannello. Normalmente si evitano posti che durante il giorno possono far passare sopra i pannelli delle ombre (alberi o costruzioni) per questo viene fatto uno studio delle ombre prima di installare i pannelli, inoltre ci possono essere ombreggiamenti dovuti allo sporco (polvere, foglie...) per questo deve essere previsto un lavaggio periodico se non basta l'acqua piovana.

8.3.5 L'IMPIANTO

Un impianto fotovoltaico è costituito da componenti interconnessi tra loro ognuno con la propria funzione. La modularità è uno dei più grandi vantaggi degli impianti fotovoltaici; questo permette di affinare la taglia sulle specifiche esigenze dell'applicazione in oggetto. In particolare un impianto fotovoltaico è costituito da:

- *moduli fotovoltaici*: sono l'unità elementare che compongono il sistema e che trasformano l'energia solare in corrente elettrica, la quale attraverso una coppia di fili viene portata a un sistema controllo che la gestisce;
- *l'inverter*: è il dispositivo che trasforma la potenza elettrica in continua generata dai pannelli solari in una potenza direttamente utilizzabile nelle abitazioni, ovvero di 230V – 50Hz AC (nel caso di impianti domestici) oppure in una media/alta tensione per l'allacciamento alla rete;
- *il contatore*: che può essere installato per il calcolo dell'energia prodotta e immessa in rete nel caso di scambio sul posto;
- *il regolatore di carica*: usato quando sono previsti dei meccanismi di accumulo di energia (batterie). Ad esempio nei casi in cui venga utilizzato per alimentare strutture isolate o per dispositivi autonomi (datalogger, satelliti, robot autonomi, ...). Il controllore di carica ha il compito di ricaricare un pacco batterie mantenendo correnti tali che non danneggino la batteria stessa pregiudicandone le prestazioni in termini di funzionalità e di tempo di vita;
- *le batterie*: hanno il ruolo di permettere un'erogazione di energia durante l'assenza di sole. Infatti, uno degli svantaggi dell'energia solare è la sua intermittenza, cioè non è presente 24 ore su 24 ma soltanto in certe fasce orarie in base alla stagione. Comunque, pur essendo intermittente, il picco avviene durante il giorno quando è massimo il consumo domestico e delle industrie, il che permette di avere comunque dei grossi vantaggi in termini di emissioni.

F. 70 schema impianto fotovoltaico



8.3.5.1 MODULI FOTOVOLTAICI

Un pannello solare o pannello fotovoltaico è un sistema composto da una serie di celle fotovoltaiche interconnesse tra di loro. Le celle fotovoltaiche sono unità elementari in grado di convertire l'energia solare in energia elettrica. Le singole celle fotovoltaiche producono basse tensioni e correnti, queste interconnesse all'interno di un pannello fotovoltaico sono in grado di generare potenze di qualche decina di Watt. Questa potenza è ancora troppo limitata per molte applicazioni (domestiche e industriali) per questo più pannelli vengono connessi tra loro in modo da formare un *array di pannelli* (array

fotovoltaico).

I pannelli solari fanno uso di energia luminosa (fotoni) proveniente dal sole per produrre energia elettrica mediante effetto fotovoltaico. La maggior parte dei pannelli fotovoltaici utilizzano celle realizzate con wafer di silicio cristallino o celle a film sottile sempre di silicio o a base di tellururo di cadmio. Le celle fotovoltaiche così realizzate vengono incorporate nei pannelli fotovoltaici. Questi hanno il compito di collegare elettricamente tra loro e al resto del sistema le celle fotovoltaiche, proteggerle meccanicamente durante la fabbricazione, il trasporto, l'installazione e l'uso (in particolare da grandine e vento), proteggere la parte elettrica dall'umidità. La maggior parte dei moduli sono generalmente rigidi, ma ci sono alcuni moduli flessibili disponibili, basati su celle a film sottile.

Sia le celle fotovoltaiche che i pannelli stessi possono essere collegati in serie e in parallelo a piacimento in modo da incrementare rispettivamente tensione e corrente nelle misure volute.

Come detto nell'industria fotovoltaica le tipologie di pannelli più usate sono quelle basate su silicio monocristallino, silicio policristallino e silicio amorfo (a film sottile). Nella forma cristallina gli atomi di silicio sono strutturati in un reticolo regolare, mentre nella forma amorfa sono distribuiti in maniera casuale. I pannelli monocristallini sono caratterizzati da un rendimento maggiore rispetto agli altri (circa 20 mq di pannelli per 3KW di picco). I pannelli in silicio policristallino sono meno puri e hanno un costo minore rispetto a quelli in silicio monocristallino, ma hanno anche una resa inferiore tanto che è necessario normalmente 1mq in più di pannelli ogni KWp. Riguardo invece i pannelli a film sottile, il silicio viene vaporizzato e depositato su vetro o altri materiali. Lo strato di silicio che si deposita oltre ad avere una struttura amorfa ha uno spessore di pochi micron (ca. 100 volte più sottile dei pannelli a silicio cristallino). Questo tipo di pannelli ha certamente un'efficienza minore (circa la metà del monocristallino) ma hanno anche un costo minore dovuto al minor uso di silicio raffinato e inoltre hanno il vantaggio di essere più immuni alle ombre e alle temperature estreme ed è anche più tollerante alle inclinazioni rispetto al sole. Queste caratteristiche ne fanno un serio candidato in tutti quei posti dove non è possibile (o difficile) orientare correttamente i pannelli verso il sole (pareti di palazzi) o

dove c'è da adattare il profilo a una struttura (pannelli flessibili). Ci sono comunque anche alternative al silicio tra cui le più efficienti dal punto di vista energetico e economico sono quelle basate sul tellururo di cadmio e solfuro di cadmio. Lo svantaggio è che il cadmio è tossico e quindi in fase di smaltimento vanno adottate precauzioni particolari.

Le performance di un pannello fotovoltaico vengono normalmente valutate tramite una serie di parametri standard. Le condizioni di prova sono: irradiazione di 1000 W / m^2 e temperatura ambiente di $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Le caratteristiche misurate sono: potenza nominale (P_{max}), tensione a circuito aperto (COV), corrente di corto circuito (ISC) ed efficienza del modulo (%). Per quanto riguarda la vita dei pannelli solari, essa ha raggiunto livelli davvero ragguardevoli, la loro forza principale è che non hanno parti in movimento e quindi non ci sono meccanismi soggetti ad usura, la cosa più importante è mantenere la superficie pulita. I pannelli solari sono in grado di resistere a caldo, freddo, pioggia e grandine per molti anni. Molti produttori di pannelli fotovoltaici ormai danno garanzie sulla produzione di energia elettrica per 10 anni al 90% della potenza nominale e 25 anni all' 80%.

8.3.5.2 INVERTER

Un inverter è un dispositivo elettrico che converte in corrente continua (DC), una corrente alternata (AC). L'inverter si contrappone e fa la funzione inversa dei classici raddrizzatori usati per convertire la corrente alternata in corrente continua. La corrente alternata di uscita dall'inverter può avere una qualsiasi tensione e frequenza, modulabile tramite i trasformatori, i circuiti di switching e i circuiti di controllo che compongono l'inverter stesso. Gli inverter sono dispositivi statici, cioè non hanno parti mobili e sono usati in un'ampia gamma di applicazioni. L'utilizzo primario di un inverter è quello di trasformare le tensioni continue, che possono venire da un pacco batteria o da un sistema a pannelli fotovoltaici, in tensioni alternate adatte al trasporto sulla rete oppure all'alimentazioni di carichi domestici o industriali. A parte l'applicazione fotovoltaica, l'inverter è utilizzato in molte altre applicazioni, fra queste spiccano: l'utilizzo come sistemi di pilotaggio di motori a velocità variabile (macchine elettriche, condizioni d'aria,

...) e l'uso nei gruppi di continuità (sistemi UPS).

Gli inverter si distinguono tra loro per la bontà della forma sinusoidale che producono. Infatti, pensando alle utenze domestiche (220V- 50Hz), gli inverter più semplici riproducono una forma d'onda che ha la frequenza e l'ampiezza voluta, ma alla fondamentale possono essere sovrapposte tutta una serie di armoniche a frequenze superiori con contributi meno significati ma non trascurabili. Questi possono creare dei problemi nell'uso di talune apparecchiature in termini di rumore sia sonoro che elettrico, nonché problemi di compatibilità elettromagnetica. Dispositivi più complessi basati su output con precisioni fino a 12 bit sono ovviamente più costosi ma anche molto meno immuni a problemi di rumore.

Gli inverter per applicazione fotovoltaica hanno delle particolarità e possono essere classificati in tre tipologie principali:

- *inverter stand-alone*: utilizzati in sistemi isolati in cui l'inverter trae energia da batterie caricate da pannelli fotovoltaici e/o da altre fonti (eolico, idroelettrico, gruppi elettrogeni, ...). Molti inverter stand-alone hanno anche un caricabatterie integrato che permette la ricarica delle batterie quando c'è un eccesso di produzione. Siccome sono normalmente utilizzati in sistemi a isola che non prevedono la connessione in alcun modo con la rete, non sono nemmeno dotati di sistemi di protezione tali da disconnettere l'impianto dalla rete in caso di problema;
- *inverter grid-connect*: inverter utilizzati in sistemi connessi alla rete elettrica. Questi sistemi hanno la possibilità di trarre energia dalla rete in mancanza di sole e invece di darla alla rete quando c'è eccedenza di produzione (scambio sul posto). Gli inverter per questa tipologia di impianto hanno la caratteristica di avere un sistema che è in grado di creare un'onda sinusoidale che corrisponde in fase e in ampiezza con quella di rete. Inoltre, in caso di mancanza di segnale dalla rete il sistema si stacca cioè non è previsto che funzioni autonomamente a isola;
- *inverter con batterie tampone*: si tratta di inverter che sono stati progettati per trarre energia da una batteria, gestire la ricarica delle batterie tramite un regolatore di carica integrato a bordo, ed esportare energia in eccesso alla rete. Questi inverter sono in grado di fornire corrente anche nel caso in cui la rete vada fuori servizio

ed hanno (e devono avere) un sistema di disconnessione dalla rete in caso di guasto.

8.3.5.3 REGOLATORE DI CARICA

In un impianto fotovoltaico con batterie tampone, i pannelli fotovoltaici non possono essere collegati direttamente al pacco batterie, infatti, in questo caso esse rischierebbero di essere danneggiate da un eccesso di corrente di carica o da una tensione impropria applicata ad esse. E' necessario un regolatore di carica per prolungare la durata della batteria dell'impianto fotovoltaico. La funzione più basilare di un regolatore di carica è quella di evitare che la batteria sia caricata troppo (overcharging). In questo caso, infatti, si avrebbe una notevole riduzione delle aspettative di vita delle batterie.

Il regolatore si occuperà quindi di interrompere la carica quando la batteria raggiunge la tensione massima. Questa cosa è particolarmente importante con le batterie sigillate, dove non si può sostituire l'acqua che viene persa durante il sovraccarico. L'unica eccezione, in cui si può fare a meno del regolatore di carica, è quando la fonte di ricarica è molto più piccola della capacità di immagazzinamento del pacco batterie (circa l'1%). Utilizzando un controller con la capacità di amperaggio più elevata permetterà in caso di futura espansione il non doverlo sostituire con vantaggi economici.

8.3.5.4 BATTERIE

Le batterie in un impianto fotovoltaico a isola hanno il compito di accumulare l'eccesso di carica generato dall'impianto durante le ore di maggior luce per poi poter essere sfruttato la notte o quando comunque la domanda supera la produzione. La capacità delle batterie è fornita in ampere – ora (Ah), una batteria da 1Ah è in grado di fornire 1 A per un'ora di seguito (o 2 A per mezzora e così via).

Per quanto riguarda l'applicazione fotovoltaica, le batterie devono avere determinate

caratteristiche. In primo luogo le batterie sono dispositivi elettrochimici sensibili al clima, a come vengono fatti i cicli di carica e scarica, alla temperatura, e all'età. Quindi per garantire una grande durata del sistema si deve usare batterie resistenti anche a temperature estreme, resistenti anche a condizioni di umidità elevate, e che siano caricate correttamente e non siano richieste corrette troppo elevate durante la scarica.

Le batterie possono funzionare con diverse specie chimiche, per quanto riguarda l'applicazione fotovoltaica però il miglior compromesso costo, capacità di immagazzinamento e tempo di vita si raggiunge ancora con le batterie al piombo. Quelle al litio hanno più grande densità di energia, ma sono più costose, meno resistenti alle temperature estreme e con cicli di carica e scarica limitati.

Quando si dimensiona un pacco batterie per un impianto fotovoltaico stand-alone, generalmente si fa sì che sia in grado di immagazzinare energia per 5 giorni di autonomia (in caso di persistente tempo nuvoloso). Un impianto con pacco batterie più piccolo, andrebbe a lavorare con cicli di scarica (e ricarica) più profondi, cosa che ne accorcerebbe la vita notevolmente. Le batterie sono classificate in base ai loro cicli. Le batterie possono avere cicli poco profondi tra il 10% al 15% della capacità totale della batteria, o cicli profondi fino al 50% - 80%. Quelle con cicli poco profondi come quelle per l'avvio di un'auto, sono realizzate per fornire grandi correnti (centinaia di ampere) per pochi secondi, poi l'alternatore prende il sopravvento e la batteria si ricarica velocemente. Le batterie a ciclo profondo invece devono fornire qualche ampere per molte ore. Questi due tipi di batteria sono progettati per applicazioni diverse e non dovrebbero essere intercambiabili.

Le batterie più adatte all'applicazione fotovoltaica sono le cosiddette batterie AGM. Le AGM (absorbent glass mat) sono batterie al piombo nelle quali l'elettrolita è assorbito dentro una matrice di sottili fibre di vetro. Sono sigillate, compatte, molto resistenti alle sollecitazioni meccaniche e si possono montare in qualunque posizione, non necessitano di manutenzione e hanno una vita media di 10 anni.

8.3.5.5 VARI TIPI DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

I sistemi solari fotovoltaici si dividono in:

- *impianti stand-alone*: i sistemi stand-alone possono avere dimensioni molto variabili, possono essere semplici orologi o calcolatrici ma anche edifici e anche veicoli spaziali o robot autonomi. Questi sistemi fotovoltaici non sono connessi alla rete elettrica pertanto non cedono l'energia prodotta in eccesso alla rete, ma la accumulano in apposite batterie locali. L'energia immagazzinata consentirà l'erogazione in un secondo tempo (es. illuminazioni stradali in zone di montagna). Questi sistemi hanno l'indubbio vantaggio di fornire energia elettrica in luoghi ancora scoperti dalla rete elettrica e risolvere quindi il problema delle utenze difficili (il cui costo sociale di allacciamento alla rete elettrica è elevato);
- *impianti grid-connected (connessi alla rete)*: questi sistemi hanno un collegamento diretto con la rete elettrica con cui possono scambiare energia elettrica (es. vendendo alla rete nazionale l'energia prodotta in eccesso dai pannelli solari rispetto al consumo). In questi casi l'utenza può contare sia sull'energia elettrica prodotta dal pannello fotovoltaico sia dalla normale erogazione di energia della rete nazionale. Il costo finale in bolletta sarà il saldo algebrico tra i due flussi di energia. Gli impianti "grid connect" possono essere di piccole dimensioni (es. piccole utenze) o di grandi dimensioni (es. centrali fotovoltaiche). Il principio di funzionamento è simile in entrambi i casi: l'energia elettrica prodotta dai pannelli solari ceduta direttamente alla rete elettrica nazionale e conteggiata a credito da uno speciale contatore del gestore della rete elettrica;
- *impianti ibridi*: combina pannelli fotovoltaici con altre forme di generazione, di solito un generatore diesel e/o un generatore eolico. Il diesel o gas (anche biogas) hanno il compito di tamponare le mancanze di sole. Un'altra alternativa ancora, potrebbe essere un grosso pacco batterie che permetta di immagazzinare energie nei periodi di massima produzione per poi sfruttarla quando il sole manca o non è sufficiente ad alimentare tutte le utenze. Questo tipo d'impianto è adatto ad alimentare utenze isolate (anche isole) con la possibilità di evitare lunghi, impattanti e costosi collegamenti con la rete di distribuzione, con vantaggio anche

in termini di perdite di energie sul cavo di collegamento.³⁰

8.3.6 PROGETTO

Nell'area di progetto è stato ipotizzato un impianto *grid-connected* (connessi alla rete). Questa tipologia d'impianto è ben più indicata e vantaggiosa.

I componenti dell'impianto collegato alla rete elettrica sono:

- *i moduli fotovoltaici;*
- *l'inverter;*
- *un quadro elettrico generale, dotato di un doppio contatore, in cui avviene la distribuzione dell'energia. In caso di consumi elevati o in assenza di alimentazione da parte dei moduli fotovoltaici, la corrente verrà prelevata dalla rete pubblica, in caso contrario l'energia fotovoltaica eccedente verrà di nuovo immessa in rete. Inoltre, esso misura la quantità di energia fornita dall'impianto fotovoltaico alla rete;*
- *l'allacciamento alla rete pubblica dell'azienda elettrica.*

Il campo fotovoltaico installato nell'area di progetto copre una superficie utile di 95,6 m². La produzione annua media dell'intero impianto sarà di circa 39.961 kW.

³⁰ Tratto da www.ecoage.it e www.fotovoltaico.com

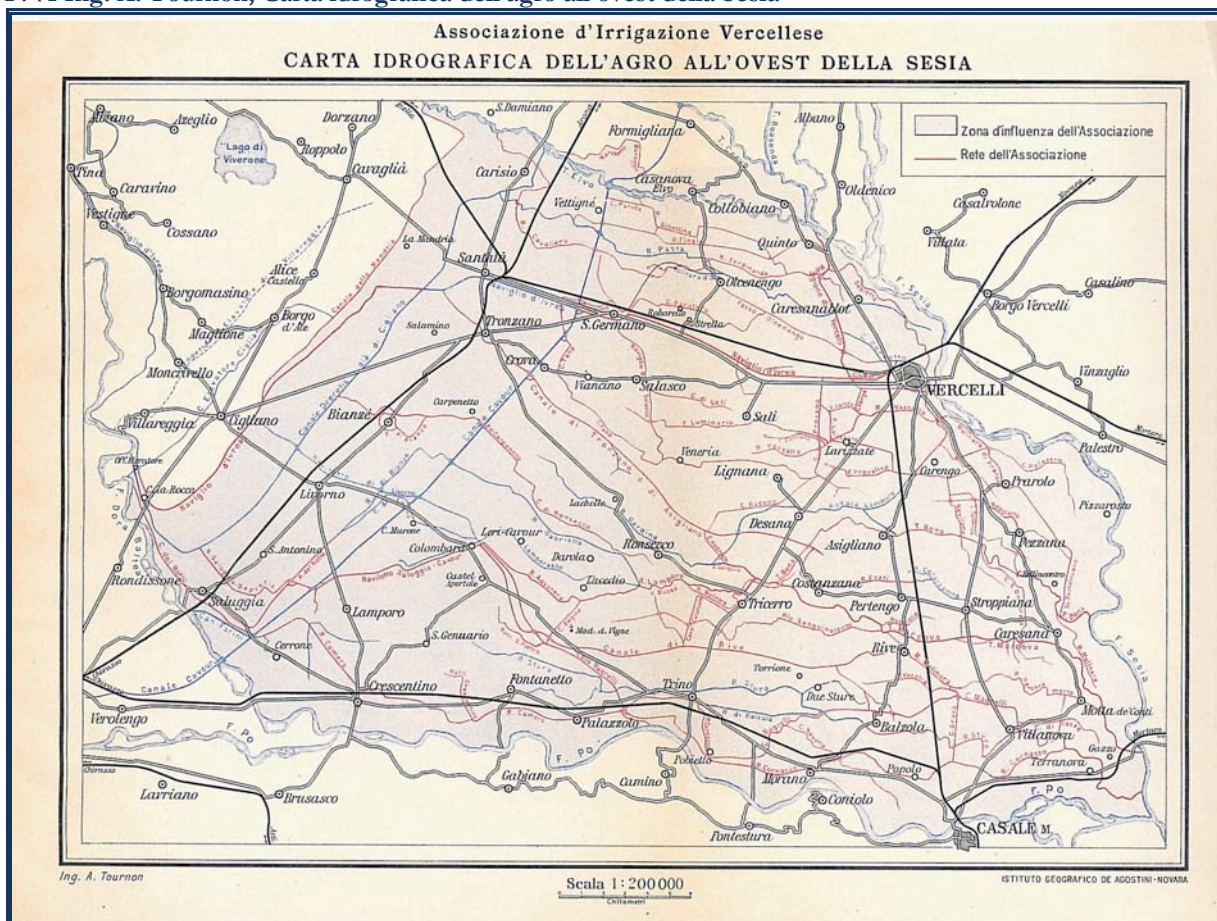
9. RELAZIONE AMBIENTALE

9.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED AMBIENTALE

Il territorio comunale di Vercelli, collocato nel settore sud-orientale della provincia, occupa una superficie di 80 Km² circa il 20% dei quali è occupato da insediamenti urbani. Il rimanente 80% del territorio è costituito da aree naturali o agricole, in massima parte coltivate a riso.

Collocato in un'ampia piana alluvionale e sostanzialmente privo di significativi rilievi, il territorio digrada da nord-ovest verso sud-est, con un'altimetria che varia tra 131 m s.l.m. e 126 m s.l.m..

F. 71 Ing. A. Tournon, Carta idrografica dell'agro all'ovest della Sesia



Il reticolo idrografico fa capo al fiume Sesia che decorre ad est dell'abitato di Vercelli con un andamento nord-sud. Verso il fiume Sesia converge una complessa rete idrografica, costituita da numerosi canali e corsi d'acqua naturali. Se si escludono i torrenti Elvo e Cervo, che confluiscono nel Sesia a nord di Vercelli, appena fuori dal territorio comunale, i principali corpi idrici naturali sono rappresentati dal colatore Cervetto, il quale attraversa l'abitato da nord a est, e dalla Sesietta che decorre pressoché parallela al fiume Sesia e si immette nel Cervetto tra la via Attone Vescovo e la via Lagrange.

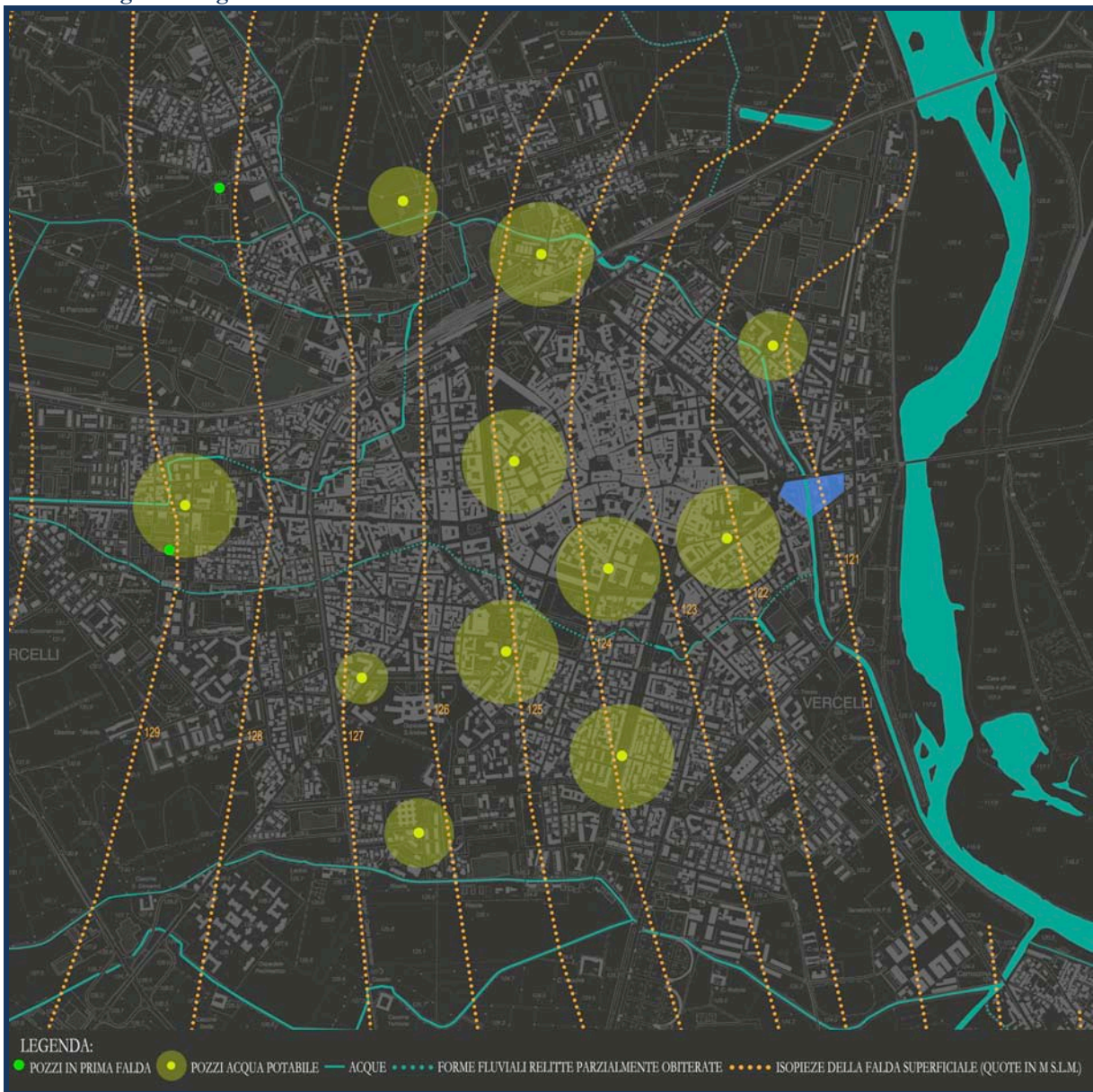
Molto numerosi sono i corsi d'acqua artificiali, i quali rivestono un importante e duplice ruolo: da un lato contribuiscono alla raccolta e allo smaltimento delle acque meteoriche, dall'altro rappresentano la struttura del sistema irriguo che ha segnato storicamente il paesaggio vercellese e che ne è tuttora un elemento qualificante.

Il sistema dei canali irrigui è costituito dai canali realizzati anteriormente alla costruzione del Canale Cavour, o comunque già presenti alla fine dell'Ottocento, che tuttora formano la principale rete irrigua del territorio vercellese. Si tratta di un sistema unico nel contesto nazionale, la cui conservazione e valorizzazione costituisce uno dei primari obiettivi del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale).

La rete di canali irrigui è inoltre fondamentale per il mantenimento della coltura risicola, che rappresenta non solo un elemento caratterizzante del paesaggio, ma anche una voce rilevante dell'economia vercellese.³¹

³¹ *Relazione di progetto di riqualificazione ambientale, studio Kipar*

F. 72 Carta geoidrologica



9.2 ANALISI DELLO STATO DI FATTO DEL TORRENTE CERVETTO

9.2.1 CENNI STORICI

Anticamente il torrente Cervo attraversava la città di Vercelli. Il rione Isola deve infatti il suo nome al fatto che risultava quasi un'isola, compreso com'era tra il corso del Sesia e quello del Cervo.

- Quando, nel 1605 il fiume fu deviato, nell'ultima parte del suo letto vennero convogliate le acque di vari scolatori che presero il nome di Cervetto.

Il corso d'acqua era attraversato da ponti di legno che avevano, in genere, breve durata per via delle sue piene.

Dai vercellesi il Cervetto viene ricordato per essere stato a lungo il torrente delle lavandaie, a testimonianza del fatto che fosse un corso d'acqua molto usato e quindi vivo. Si è verificato poi per lungo tempo un totale disinteresse per il torrente, eccezion fatta per i periodi di piena.³¹

F. 73 foto storiche del Cervetto e delle lavandaie



³¹ Relazione di progetto di riqualificazione ambientale, studio Kipar

F. 74 foto storiche del Cervetto e delle lavanderiae



9.2.2 IL TORRENTE CERVETTO NEL CONTESTO URBANO

Il torrente Cervetto attraversa Vercelli esternamente rispetto al centro storico, in direzione nord-ovest sud-est, e sempre all'interno del territorio cittadino, è collocato il punto di confluenza nel fiume Sesia.

Il tessuto urbano toccato dal colatore durante il suo corso cittadino è costituito per la maggior parte da edilizia residenziale e da insediamenti artigianali ed industriali, di cui solo una parte ancora attivi.

In particolare l'area oggetto d'intervento è collocata nella zona est di Vercelli, in posizione "d'ingresso" alla città.

Gli edifici posti lungo il tratto di Cervetto oggetto di riqualificazione non possono essere considerati particolarmente pregiati dal punto di vista architettonico, anche perché si tratta di edifici industriali di proprietà dell'azienda Atena.

Nell'area interessata dal Progetto si evidenzia la presenza di due ponti che attraversano il Cervetto: il ponte di corso Matteotti e quello privato all'interno dell'azienda Atena.

Ancora oggi i ponti costituiscono l'unico punto di contatto "obbligato" con il torrente, dal momento che le pessime condizioni delle sponde finiscono per respingere lo sguardo, invece di attrarlo verso il corso d'acqua.

E' interessante rilevare come l'affaccio sul Cervetto coincida con il retro delle abitazioni, a testimonianza diretta che il rapporto con il torrente sia sempre stato trascurato.³¹

9.2.3 L'AREA DI INTERVENTO: L'ASSETTO NATURALISTICO – VEGETAZIONALE

L'area di intervento del 1° lotto attuativo si estende per circa 7.000 m², (comprensivi dell'alveo del Torrente) tra Corso Matteotti e via Milazzo – via Gian Domenico Cassini.

L'elemento più interessante dal punto di vista ambientale è rappresentato dall'area localizzata sulla sponda sinistra, dove sono presenti degli orti lasciati allo stato "selvaggio".

³¹ *Relazione di progetto di riqualificazione ambientale, studio Kipar*

F. 75 orti sulla sponda destra del canale Cervetto, all'interno dell'area di progetto



F. 76 orti sulla sponda destra del canale Cervetto, all'interno dell'area di progetto



Oltre a questi, su entrambe le sponde troviamo delle specie considerate infestanti, colonizzatrici eliofile, di nessun pregio botanico-naturalistico, per cui è previsto il loro abbattimento. Non mancano inoltre arbusti (*Buddleja davidii*, *Rosa canina*), ed infestanti (*Robinia pseudoacacia*, *Rubus spp.*) che invadono questo tratto di sponda.

Proseguendo lungo il corso del torrente, il margine si stringe e si riduce al piano inclinato spondale, sempre interessato da infestanti e da qualche canna palustre (*Arundo donax* e/o *Phragmites australis*).

L'area spondale di destra è, per tutto il percorso, interclusa dai muri o dai giardini delle case adiacenti al corso d'acqua e la vegetazione presente è rappresentata da rovi e infestanti privi di qualsiasi aspetto di pregio o di emergenza naturalistico-botanica.

Questa situazione è, fondamentalmente, legata al carattere torrentizio del colatore Cervetto, per cui la zona ripariale risulta soggetta ad episodi di esondazione in primavera ed in autunno e a fenomeni di magra nel periodo invernale ed estivo. L'area, quindi, vincolata a momenti di immersione ed emersione temporanea del suolo, permette la sussistenza, a livello vegetativo, di specie più rustiche e resistenti, quali le infestanti ed i rovi.

La mancanza di accessibilità a tale sponda ne compromette la manutenzione, trasformando l'intero ambito in un momento di criticità e di degrado ambientale.

La presenza di scarichi abusivi, soprattutto lungo la sponda destra, porta all'aumento dell'inquinamento del canale.

Riqualificare l'intera area significa innescare processi evolutivi che portino a un nuovo equilibrio in grado di garantire un miglioramento dei valori paesaggistici dell'ambiente e un aumento della biodiversità locale dell'ecosistema fluviale.³¹

³¹ *Relazione di progetto di riqualificazione ambientale, studio Kipar*

F. 77 situazione attuale del canale Cervetto, all'interno dell'area di progetto



F. 78 situazione attuale del canale Cervetto, all'interno dell'area di progetto



9.3 PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE

9.3.1 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Il progetto dell'arch. Andreas Kipar, *“Sistemazione ambientale del torrente Cervetto in ambito urbano”*, approvato il 26/04/2005, si propone quale strumento operativo e di indirizzo per la progettazione e la gestione del verde sia a livello urbano che extraurbano.

Le scelte del progetto sono riconducibili a una serie di operazioni tese: alla rinaturalizzazione, al ripristino di migliori livelli di biodiversità, alla tutela di corretti equilibri ecosistemici e alla realizzazione di aree attrezzate, come gli orti e l'area adibita a mercato a km 0.

Coerentemente con le indicazioni date dall'arch. Andreas Kipar è stato individuato un elemento (il torrente Cervetto) che, sia allo stato attuale sia in potenziale proiezione futura, rappresenti una delle peculiarità del territorio vercellese atta ad interpretare e potenziare i caratteri paesaggistici del territorio mediante la riqualificazione dell'esistente e lo sviluppo delle risorse.

La ricostruzione della naturalità intrinseca del torrente e la massimizzazione della fruibilità del corso d'acqua da parte dei cittadini vercellesi, rappresentano gli obiettivi primari alla base delle scelte progettuali per la riqualificazione del colatore Cervetto.

Mentre nel passato la sua funzione era legata principalmente alla navigazione ed alla raccolta delle acque reflue, il Cervetto è oggi chiamato a svolgere nuove funzioni legate alla valorizzazione paesistica, naturalistica ed ecologica, attraverso la creazione di ecosistemi in grado di aumentare la biodiversità locale.

Per l'attuazione delle nuove funzioni occorre procedere alla riqualificazione ambientale e paesaggistica del torrente, visto il notevole impoverimento vegetazionale che ha avuto rispetto al secolo scorso, con conseguente riduzione della biodiversità.

E' importante sottolineare come la rinaturalizzazione del colatore Cervetto, dovrà essere compatibile con la distribuzione e l'uso dell'acqua, nonché con la manutenzione e la gestione del sistema irriguo.

Con il passare del tempo si è, infatti, assistito ad un allontanamento dell'uomo da questo corso d'acqua e, nel medesimo tempo, al degrado dello stesso a causa dell'azione antropica (come testimoniano i numerosi scarichi abusivi presenti lungo il corso d'acqua). L'assetto attuale del colatore Cervetto, come della maggior parte dei corsi d'acqua della pianura, è caratterizzato da un andamento regolare con sponde ripide e vegetazione ripariale assente o fortemente ridotta.

Questo assetto deprime fortemente il loro valore ecologico: le conseguenze di una struttura così semplificata sono infatti la perdita di buona parte della loro capacità autodepuratrice (cioè di trattenere, immagazzinare, assimilare e convertire gli elementi nutritivi) ed un aumento della velocità di trasporto dell'acqua. La mancanza o insufficienza della copertura vegetale arborea lungo le rive genera inoltre un aumento della radiazione solare diretta sul piano dell'acqua che conduce a una proliferazione delle macrofite acquatiche.

Obiettivo del progetto è la restituzione del torrente Cervetto alla città, non solo come corso d'acqua riqualificato e valorizzato, ma soprattutto come ecosistema integrato alla rete ecologica del territorio vercellese, utile all'incremento della biodiversità in ambito urbano.

Gli obiettivi principali della riqualificazione possono così essere riassunti:

- promuovere la riappropriazione e la fruizione del torrente Cervetto da parte della città e dei suoi abitanti;
- contribuire alla riqualificazione del contesto urbano circostante;
- valorizzare e incrementare la biodiversità locale, riqualificando il patrimonio biologico esistente al fine di connettere l'ecosistema del torrente alla rete ecologica del territorio vercellese.³¹

³¹ *Relazione di progetto di riqualificazione ambientale, studio Kipar*

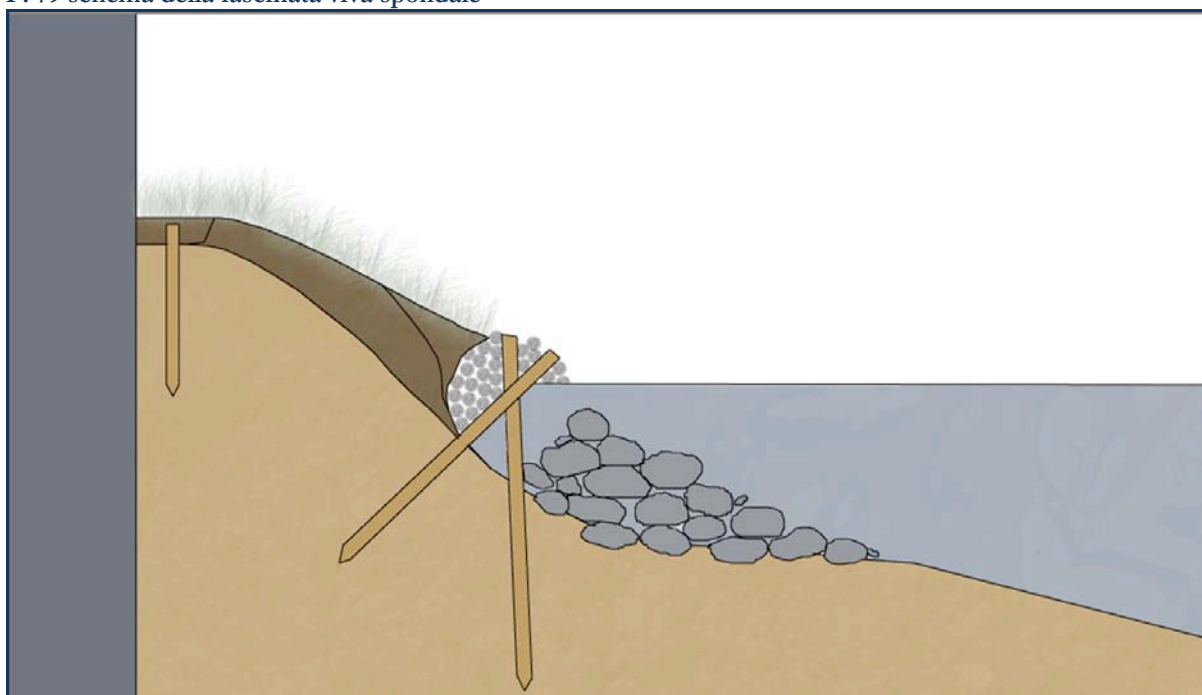
9.3.2 INTERVENTI NATURALISTICI

L'intervento prevede innanzitutto opere di pulizia, sia dal materiale estraneo presente nell'alveo e lungo le sponde, sia dalla vegetazione arbustiva infestante, che si presenta in stato di forte degrado.

Le sponde, una volta ripulite, saranno consolidate con tecniche di ingegneria naturalistica, tramite l'impianto di fascine di salici che sviluppandosi costituiranno la nuova vegetazione ripariale. Tali opere assolvono a molteplici finalità tra le quali il consolidamento dei terreni sotto l'aspetto idrogeologico, la filtrazione dei solidi sospesi e degli inquinanti di origine diffusa (fitodepurazione) e la protezione dall'erosione, grazie alla copertura del suolo da parte della vegetazione.

Nello specifico la tecnica utilizzata è la *fascinata viva spondale*, realizzata con ramaglie di salici posate in corrispondenza del livello medio dell'acqua, che andranno a costituire un efficace consolidamento longitudinale del piede della sponda: le piantine, sviluppandosi dalle fascine, costituiranno infatti la fase pioniera della nuova vegetazione ripariale. Grazie alla loro elasticità i numerosi rami ridurranno la velocità delle acque evitando danneggiamenti delle sponde, effetto che aumenterà ulteriormente dopo il radicamento e lo sviluppo delle piante.

F. 79 schema della fascinata viva spondale



A livello del suolo saranno messi a dimora *Salix rosmarinifolia*, con sesto di impianto a raggiera e *Hedera helix*. Inoltre è prevista la messa a dimora di un esemplare sviluppato di *Salix babylonica* (circ. 20/25), mentre sulla sponda destra saranno messi a dimora *Alnus glutinosa* in gruppi di tre o quattro, di dimensioni alternate: alberi di prima grandezza (circ. 18/20) e seconda grandezza (circ. 12/16); una 'quinta verde' che andrà a mitigare la presenza delle recinzioni degli edifici che si affacciano sul Torrente, attualmente in condizioni degradate.

F. 80 *salix rosmarinifolia*



F. 81 *hedera helix*



F. 82 *salix babilonia*

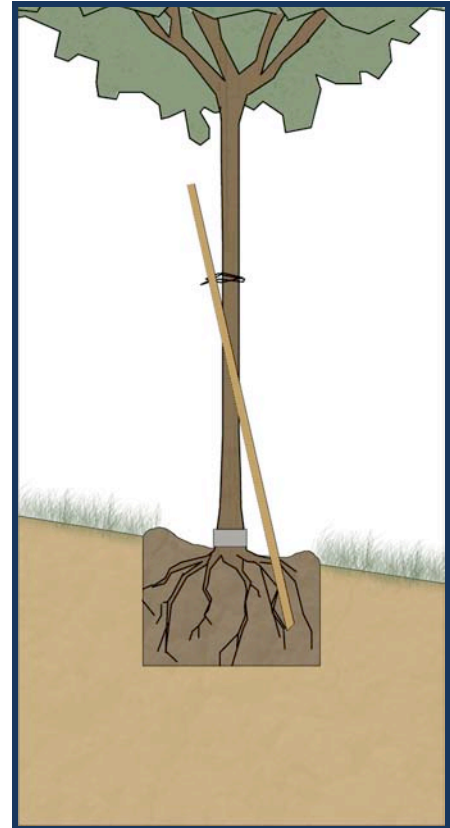
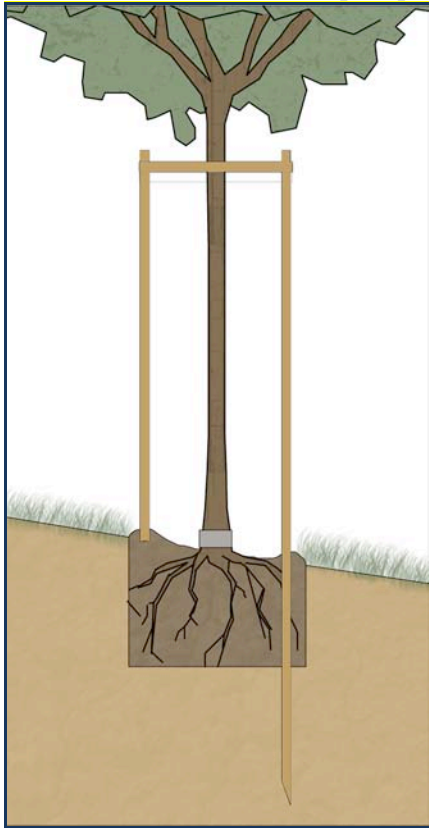


F. 83 *alnus glutinosa*



Gli *Alnus glutinosa* (circonferenza tronco cm 12-16 e 18-20) verranno messe a dimora con scavo di m 1 x 1 x 0,70, reinterro, concimazione, ancoraggio con un palo tutore, mentre il *Salix babylonica* (circonferenza 20-25) verrà messo a dimora previa formazione di ampia buca di impianto (m 1,2 x 1,2 x 0,80) e sistema di ancoraggio a tre pali tutori, oltre successivo reinterro e concimazione.

F. 84 schemi dei due diversi tipi di piantumazione



Gli arbusti verranno messi a dimora con formazione di buca di cm 40 x 40 x 40, reinterro, concimazione e prima bagnatura.

E' prevista inoltre la messa a dimora di piante acquatiche quali la *Typha latifolia* e lo *Juncus effusus* 'Zebrinus'; questo tipo di vegetazione ha la caratteristica di favorire la crescita di microrganismi mediante i quali avviene la depurazione delle acque.

Verrà infine realizzato un consolidamento tramite biostuoia preseminata.

F. 85 *typha latifolia*



F. 86 *juncus effusus*



Il quadro degli interventi può essere così riassunto:

- rimozione degli oggetti estranei presenti nell'alveo del torrente;
- decespugliamento delle sponde da arbusti infestanti e vegetazione ripariale degradata;
- rinaturalizzazione e consolidamento delle sponde mediante la realizzazione di fascinata viva spondale di *Salix sp*;
- protezione dei versanti con elementi antierosivi ed inerbimento (biostuoia preseminata);
- messa a dimora di alberi (*Alnus glutinosa*, *Salix babylonica*);
- messa a dimora di arbusti (*Salix rosmarinifolia*, *Hedera helix*);
- messa a dimora di piante acquatiche (*Tipha latifolia*, *Juncus effusus* 'Zebrinus').

Il progetto di consolidamento e rinaturalizzazione, attuato con tecniche di ingegneria naturalistica e quindi con l'utilizzo di elementi vegetali vivi necessiterà, nel tempo, di regolari operazioni di manutenzione e di gestione della vegetazione, perché la sua rapida crescita non conduca al rischio di ostruzione dell'alveo.

9.2.3 OPERE DI ARREDO URBANO

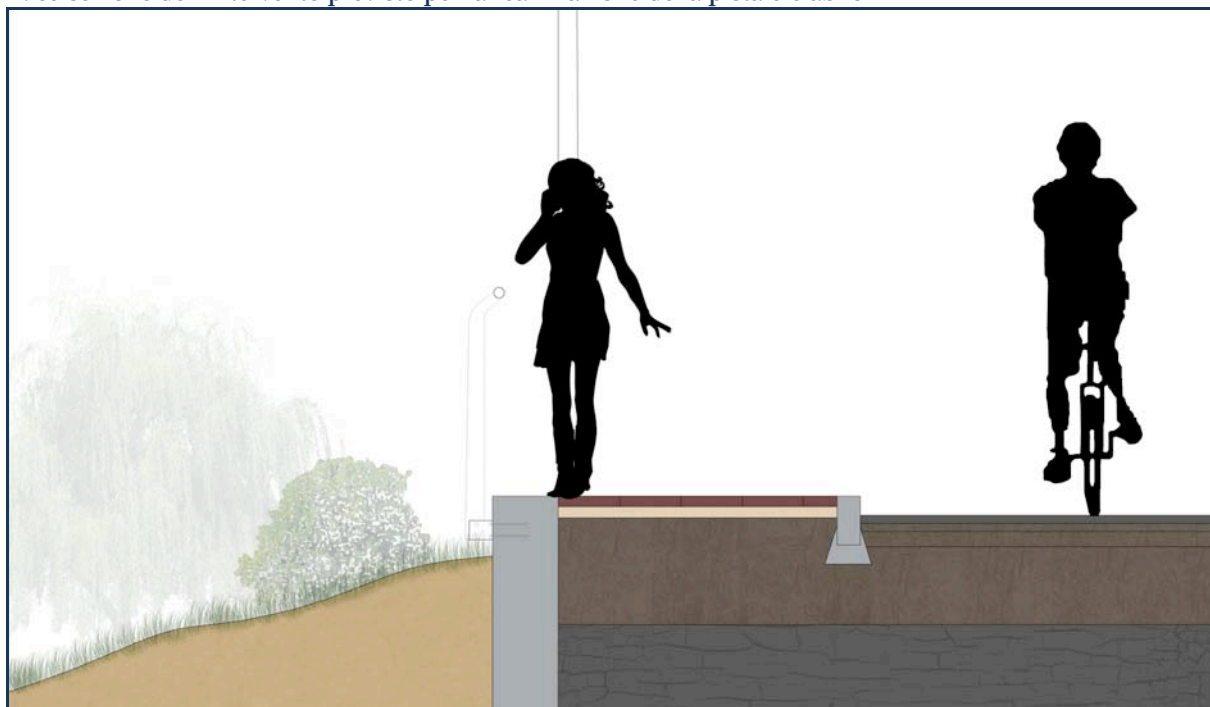
Oltre all'inserimento di nuove quinte 'verdi', si realizzerà un nuovo percorso pedonale/ciclabile in aderenza alla sponda sinistra del Cervetto, con l'intenzione di offrire ai cittadini la possibilità di riguadagnare un rapporto più stretto con il loro torrente.

Gli interventi sulla sede stradale e l'arredo sono essenzialmente finalizzati alla riqualificazione del contesto urbano con il fine di rendere più gradevole attività elementari come l'andare in bicicletta, camminare, sostare, osservare un ambiente a cui è stata restituita la naturalità originaria.

Il progetto prevede, infatti, la realizzazione di un marciapiede parallelo al corso del torrente, dotato di pista ciclabile.

Il percorso pedonale sarà realizzato con una pavimentazione in autobloccanti di colore rosso (masselli cm 24x24) e attrezzato con un parapetto in ferro zincato e sedute in cemento bianco.

F. 87 sezione dell'intervento previsto per la realizzazione della pista ciclabile



La particolare collocazione dell'area oggetto dell'intervento, in posizione strategica rispetto ai viali alberati della città, permetterà la fruizione di un percorso alternativo di collegamento tra la cerchia interna dei viali e le ramificazioni più esterne verso il parco fluviale.

10. IL PROGETTO

10.1 RELAZIONE DI PROGETTO

Un'occasione.

E' questo ciò che la città di Vercelli offre. L'area d'intervento si colloca nella parte est della città, in una zona al limite tra città storica consolidata, rafforzata dalla presenza non secondaria della caserma Garrone, e la campagna tipica di questo territorio, ricco di corsi d'acqua, fondamentali alla coltivazione del riso. Il luogo e le sue variazioni hanno quindi guidato le scelte progettuali fin dai primi ragionamenti, a partire dai sopralluoghi in sito fino ad arrivare alla redazione di un masterplan e di uno studio approfondito a livello dei singoli edifici.

L'iter progettuale non è stato certamente privo di ostacoli, siano essi di carattere legislativo (fasce di rispetto e tutela ambientale) o più semplicemente legate alla difficoltà di trovarsi di fronte ad un'area "tagliata" in due parti dal passaggio del canale Cervetto, oggi utilizzato come canale di scolo di acque reflue e scarichi industriali; ragion per cui è stata prevista un'opera di depurazione delle acque e riqualificazione degli argini al fine di migliorare la qualità di un ambiente naturale ricco di qualità ma evidentemente non valorizzate. Tema, quello ambientale, fortemente perseguito durante il percorso di studio e legato a scelte progettuali volte al risparmio energetico e alla riduzione dei consumi energetici degli edifici.

Scopo principale del progetto è stato quindi quello di cercare di instaurare un rapporto diretto tra la città e il canale Cervetto relazionandosi comunque sempre con l'edificato circostante. La continua volontà di creare un'area permeabile (pedonale e ciclabile) non isolata dal resto dell'intorno, ha permesso di sfruttare le valenze mostrate da quest'area, dimostrandone le potenzialità e la capacità di fungere da collante tra città storica e campagna. Al fine di concretizzare quest'idea si è deciso di non chiudere l'area alla città, ma piuttosto di aprirla sfruttando la presenza del corso d'acqua che l'attraversa.

La decisione di non costruire sull'argine ma di accostarci ad esso sviluppando il progetto come parte integrante della città ha portato alla progettazione di edifici che si aprono ad essa con una piazza di carattere pubblico per permettere ai cittadini di utilizzarla

liberamente diventando occasione di attraversamento ciclabile e pedonale, garantendo così diversi collegamenti tra il nuovo insediamento ed il resto della città.

Dalle analisi fatte sulla città, abbiamo constatato che Vercelli è molto attenta ai bisogni del cittadino, infatti, la presenza di una buona struttura di mezzi pubblici, numerose piste ciclabili e una viabilità automobilistica ridotta, dimostra come la città sia “a misura d'uomo” e di come i suoi abitanti ne traggano vantaggio.

Sul sedime delle antiche mura, come sappiamo, sono stati poi costruiti gli attuali viali alberati, che vanno da corso Italia a corso Garibaldi e che “abbracciano” tutta la città. Affiancate alle arterie stradali, troviamo le piste ciclabili e pedonali, che costeggiano il centro storico, ma che non collegano la periferia.

Nel nostro progetto sono previste due piste ciclo-pedonali principali; una che da corso Italia entra nell'area di progetto e l'attraversa da ovest ad est, per ricollegarsi alla già presente pista ciclabile su corso Matteotti; l'altra che da corso Rigola l'attraversa da nord a sud, costeggiando per tutta l'area il canale Cervetto ed anche oltre il nuovo ponte di attraversamento automobilistico in progetto.

La viabilità stradale risulta essere funzionale all'interno del territorio cittadino, la via d'accesso principale, provenendo da Milano, è corso Matteotti, che diventa poi corso Libertà, e che tocca a nord l'area di progetto.

I mezzi pubblici, gli autobus, si strutturano in sei linee, che collegano in modo abbastanza efficiente tutte le parti della città.

Un altro ambito di analisi è stato il centro storico, che si caratterizza, oltre che per la limitata estensione, anche per essere l'unico luogo di concentrazione di spazi culturali (nel resto della città, infatti, non sono presenti spazi di tipo culturale dedicati al cittadino).

Nel progetto è previsto uno spazio informativo - culturale, destinato a tutti i cittadini che vogliono avvicinarsi ai temi ambientali; essendo presente nell'area, come abbiamo già illustrato nel capitolo 7, un impianto di fitodepurazione, abbiamo deciso di creare un luogo dove chiunque possa conoscere quali sono le nuove tecnologie in campo ecologico e dove la “cultura ambientale” sia alla portata di tutti.

Per creare questo centro informativo ci siamo ispirati a quello del quartiere di Stoccolma Hammarby; qui alcuni addetti specializzati in comunicazione, forniscono agli abitanti ed ai

semplici visitatori tutte le informazioni necessarie sui servizi di quartiere, sui corretti metodi per l'uso dell'energia e dell'acqua, sulla raccolta dei rifiuti e sui trasporti. Si organizzano incontri ed eventi destinati alla comunicazione al pubblico.

Ci siamo anche focalizzati sulla sistemazione di piazza Cugnolio; di fronte alla storica Caserma F.lli Garrone, dove abbiamo collocato un parcheggio interrato, già previsto dall'amministrazione comunale, e uno spazio pedonale e ciclabile verde, con nuove piantumazioni e spazi gioco per i bambini.

Abbiamo svolto uno studio approfondito sul P.R.G.C. 2007 del comune di Vercelli. Questo ci ha permesso, per la prima volta, di entrare direttamente in contatto con la legislazione comunale e con i vincoli progettuali.

Da piano regolatore non è prevista:

- la realizzazione di piani interrati, vista la presenza di falda superficiale
- la realizzazione di manufatti a meno di 30 metri dall'argine del canale Cervetto
- la realizzazione dei solai del piano terra a meno di 80 centimetri rispetto alla quota del piano stradale, in quanto l'area è a rischio inondazione

Gli obiettivi del piano regolatore sono:

- Avvicinare la città al fiume mediante il recupero paesistico ambientale e fruitivo del lungofiume da attrezzare quale parco, *promenade* urbana, affaccio della città al fiume, luogo dello svago cittadino allestendo il Parco fluviale lineare del Sesia
- Riqualificare il torrente Cervetto quale elemento naturale di connessione, anche mediante il recupero ambientale delle sponde e dei tessuti edilizi urbani e degli spazi aperti ad esso prospicienti
- Realizzare il sistema di percorsi ciclo-pedonali lungo il Cervetto, coadiuvati da passerelle di collegamento tra le due sponde
- Andar per acque: risolvere il rapporto controverso con le tracce d'acqua in città. Promuovere la riqualificazione delle sponde e la depurazione delle acque attraverso metodi di tipo naturalistico, sostenendo interventi artistici di rielaborazione territoriale come sistema attivo per il "ridisegno" del territorio, tesi ad attivare processi identitari.³²

³² informazioni prese da "Progetto definitivo di P.R.G.C. del comune di Vercelli", tratto da "Norme Tecniche di Attuazione" febbraio 2007

Inoltre nello specifico dell'area in oggetto (indicata come area Atena nel P.R.G.C.), è prevista la realizzazione di edifici bassi nella parte est, mentre più alti nella parte ovest. Presi in considerazione tutti i divieti sui rispetti paesaggistici del P.R.G.C., è stata nostra cura farli rispettare all'interno del progetto.

Nella parte ovest lo sviluppo delle idee ha portato alla progettazione di due edifici: il primo, il *Blue building*, di carattere più monumentale sta a simboleggiare la porta d'accesso alla città; il secondo, il *Green building*, più interno, si rapporta direttamente con il fiume "aprendosi" con elementi architettonici più leggeri.

Il *Blue building* è un edificio di cortina; infatti, tutto il fronte nord si sviluppa su corso Matteotti e investe il ruolo di porta d'ingresso alla città (come sappiamo proprio all'incrocio tra corso Italia, corso Matteotti e corso Palestro si trovava un tempo Porta Milano). La suggestione della "torre" all'interno della città di Vercelli, ci ha portati a realizzare una vera e propria torre "fittizia", che ha il compito di contrastare le emergenze circostanti e di sostenere soprattutto il confronto con l'edificio di oltre otto piani che le si palesa di fronte.

L'intero edificio sembra essere "rivestito" da una pelle, l'intonaco, che si appoggia alla parte sottostante in legno e che sembra staccarsi completamente per allontanarsi dal "cuore" stesso dell'edificio ed avvicinarsi alla storia della città.

In tutta Vercelli, e soprattutto su corso Libertà, sono presenti numerosi edifici storici, molti (come illustrato nel capitolo 6) di tipologia mercantile. Questo tipo di costruzione è caratterizzante del corso di Porta Milano (oggi corso Libertà) e non abbiamo potuto ignorarli.

La complessità architettonica di questi edifici è tale da essere predominante su tutto il contesto del quartiere; la suddivisione verticale delle facciate, le aperture differenti in base alle funzioni svolte al suo interno, le articolazioni spaziali dei cortili, degli anditi e dei passaggi bui. Ma anche l'utilizzo di porte finestre, di "tettucci" occasionali, di decorazioni apparentemente non coerenti con la composizione della facciata e soprattutto l'apertura totale nei confronti della strada, attraverso le vetrine e i passaggi che conducono ai cortili, ci ha "imposto" di utilizzarle all'interno del progetto.

La tipologia mercantile è stata la base per l'articolazione della facciata nord del blue building; la suddivisione interna degli alloggi si manifesta in facciata tramite aperture differenti in base alla destinazione d'uso dei locali. All'ultimo piano l'edificio "arretra" e si scosta per la prima volta dalla strada, la parte pubblica, per chiudersi in un ambito più privato, grazie alla creazione di terrazzi.

Spostandosi a nord-ovest, all'incrocio con corso Libertà, una delle maggiori difficoltà del progetto è stata la realizzazione dell'angolo dell'edificio: sempre partendo dall'analisi della città storica, ci siamo accorti di come, in realtà, questo problema delle "eccezioni" era già stato risolto in passato; Vercelli, infatti, è ricca di particolarità. La torre ha da sempre rappresentato, nella composizione della facciata, un cambiamento della stessa, risolto con la totale integrazione dell'eccezione. Così, nel nostro progetto, la particolarità dell'angolo è diventata la regola, che scandisce tutta la facciata e porta lo sguardo verso l'alto, che al tempo stesso permette di ammirare l'intero edificio, da un punto di vista unico, quello del cittadino che si affaccia dalla città storica e che per la prima volta si rende conto che la città non finisce lì, ma continua ad espandersi e a migliorarsi.

Al piano terra dell'edificio sono presenti i negozi, vera caratteristica di corso Libertà nella storia, che tramite le aperture su strada, diventano il vero filtro attrattivo tra la città storica e l'interno, altrettanto interessante, del progetto.

Passeggiando su corso Matteotti è possibile accedere alla piazza interna tramite varchi posti al piano terra, che portano ad affacciarsi sullo spazio progettato; l'altra possibilità di ingresso si trova sulla sponda sinistra del canale Cervetto, dove un pergolato in legno ci conduce allo spazio pubblico destinato ad attrarre i cittadini più giovani, il bar. Sulla base di studi da noi effettuati è emerso, grazie alle analisi statistiche dell'Istat, che la maggior parte degli abitanti della città si trova in una fascia d'età compresa tra i 65 e i 75 anni.

Parlando con l'amministrazione comunale, ci è parso chiaro come l'intenzione del comune sia quella di aprire il più possibile la città ai giovani, oggi poco presenti a Vercelli. Per questo, oltre alla progettazione appunto di un bar che affaccia sulla piazza, abbiamo studiato molto attentamente l'articolazione degli alloggi; le diverse tipologie abitative, come i duplex, i simplex, i monolocali e i multilocali, permettono a diversi tipi di famiglie di potersi facilmente instaurare nel quartiere. Le varietà di metrature abitabili si abbinano ai diversi modi di vivere gli esterni, tramite terrazzi, giardini o logge attrezzate (ogni loggia

posta a sud è facilmente vivibile in ogni stagione, grazie alle pannellature impacchettabili in legno).

La tipica famiglia vercellese si compone di genitori, figlio e nonni (o nonno); per questo ci è sembrato indispensabile attrezzare alcuni alloggi di un piano superiore facilmente accessibile tramite una scala interna privata, per poter, ove ne fosse necessario, dividere facilmente l'unità in due parti distinte.

La facciata sud del *Blue building* è molto diversa da quella nord.

L'articolazione è data dalla presenza di castelletti metallici, che formano logge-balconi, dotate di pannellature in legno, che migliorano la qualità di vita interna. D'estate, infatti, è possibile aprire completamente le persiane esterne (poste su un binario che ne permettono lo spostamento orizzontale) e ricreare un clima piacevole all'interno della stanza; al contrario d'inverno, possono essere chiuse, per sfruttare al massimo l'irraggiamento solare e captare più calore possibile all'interno dell'abitazione.

La scelta progettuale è stata quella di realizzare il maggior numero possibile di aperture a sud, piuttosto che a nord.

Grazie all'utilizzo di queste strutture metalliche, è possibile annullare il rischio della creazione di ponti termici; infatti, sono poste davanti alla parete, ma non si appoggiano.

I sistemi di risalita sono delle strutture in acciaio poste al centro dell'edificio, ma completante indipendenti da esso; sempre per evitare il rischio di ponti termici.

Come nella tradizione più viva vercellese, affacciano all'interno, sul "cortile", senza manifestarsi palesemente in facciata; ricreando così il clima delle antiche corti.

Il blue building, oltre ad essere in stretto rapporto con la città storica, si relaziona fortemente anche con il canale Cervetto, tanto da arretrare in altezza sul lato est; la struttura "a gradoni" permette di "addolcire" l'impatto con il canale, risultando così aperta alla parte più verde del progetto.

Come abbiamo già illustrato nei capitoli 7 e 8, l'edificio è dotato di diversi sistemi di tecnologie ecosostenibili, che gli permettono di rientrare nella classe energetica A e di essere quindi a basso impatto ambientale.

Il *Green building* è l'edificio più domestico; esso, infatti, si affaccia solo per la parte ovest su strada, il resto dell'edificio si relaziona solo con l'area.

La progettazione della facciata ovest è stata fortemente influenzata dall'edificio preesistente su corso Palestro; costruito probabilmente negli anni settanta, non è di particolare interesse architettonico, ma c'è e per questo va accettato.

Le aperture del nostro edificio sono regolari e corrispondono alle vetrine al piano terra (presenti anche qui come nel blue building); anche l'altezza dell'ultimo piano, un duplex, è stata determinata dalla preesistenza, oltre che dalla "torre" del blue building, con il quale doveva confrontarsi.

Passando per l'ingresso principale all'area, quello che affaccia su piazza Cugnolio, si può notare la volontà progettuale di garantire la giusta importanza alla caserma Garrone, sfruttando tale passaggio come cono ottico verso l'edificio storico.

La piazza interna è "libera". L'intento è stato quello di garantire la massima fruibilità a tutti, cittadini e non, abitanti o semplici passanti.

Essendo, la piazza, un luogo di passaggio, di sosta, ma anche di affaccio delle abitazioni private, si è scelto di non porre troppi vincoli, per garantire privacy, ove ne fosse necessario, grazie alle piantumazioni.

Il *Green building* è appunto il più "verde". La progettazione dei suoi spazi esterni è stata curata con molta attenzione; sul fronte nord, quello che affaccia sulla piazza, si è scelto di non intervenire con particolari elementi architettonici, a parte i castelletti metallici già presenti sul fronte sud del blue building (ma non con la stessa frequenza), in quanto non avrebbero rivestito un ruolo particolarmente importante dal punto di vista della protezione da irraggiamento solare.

Oltre ad ospitare al piano terra i negozi, il fronte nord si caratterizza per una "piegatura" verso il canale Cervetto; abbiamo, infatti, cercato di accompagnare il visitatore alla scoperta del centro culturale e il semplice passante ad accedere alle sponde del Cervetto, per attraversarlo e per "viverlo".

Una parte fondamentale della riqualificazione del canale, infatti, la gioca questo edificio, che se da una parte si avvicina con il sistema di fitodepurazione (*vedi capitolo 7*) posto a sud, dall'altra rende le sponde accessibili tramite la discesa verso lo stesso.

Finalmente il Cervetto è parte integrante dell'area, non è più luogo di scarico e di margine agli edifici; con la sua riqualificazione si crea una connessione diretta con il passato, quando era un luogo fondamentale per la vita della città.

Inoltre per la riqualificazione del canale è stata prevista la piantumazione di diverse specie arboree, già presenti nel progetto pilota Kipar (*vedi capitolo 9*) volte alla riqualificazione del verde; questa strategia d'intervento è stata già adottata dal comune nell'ambito di altri progetti di riqualificazione ambientale.

Ritornando al *Green building* è facile notare la presenza, sulla facciata sud, dei castelletti in acciaio, elemento che caratterizza ormai tutto il progetto architettonico.

Sempre seguendo i principi adottati nel blue building, si è scelto di aprire il più possibile a sud, per permettere il massimo irraggiamento d'inverno e la chiusura filtrata d'estate (sempre grazie alle pannellature in legno).

La struttura si presenta come elemento gradonato, che decresce man mano che si avvicina al fiume; grazie a questo, gli alloggi all'interno sono dotati di terrazzi verdi, attrezzabili con piantumazioni in vaso e pavimentazioni in legno, ma anche con elementi caratteristici e occasionali che campeggiano in copertura e che possono essere sfruttati come piccoli depositi, coperture...

Anche questo edificio è dotato di sistemi tecnologici innovativi, come già visto nei capitoli 7 e 8, che gli permettono di rientrare nella classe energetica A.

Per entrambi gli edifici è prevista l'installazione del sistema geotermico, per l'approvvigionamento dell'acqua calda sanitaria e per il riscaldamento a pavimento.

Grande attenzione è stata posta nella progettazione dei solai, delle pareti e delle coperture: risultano essere, infatti, tutti costruiti a secco, per garantire in un futuro la totale

smontabilità dell'edificio e quindi il riutilizzo dei materiali da costruzione (considerando che l'Italia si colloca agli ultimi posti per il recupero dei materiali edili).

L'analisi della “parte est” prende in considerazione gli aspetti principali relativi alla caratterizzazione del luogo inteso come sistema complesso di valenze architettoniche e paesaggistiche preesistenti, comunque in continuo rapporto con la parte ovest dell'area di progetto.

Per quanto riguarda la disposizione planimetrica degli edifici, questi si inseriscono all'interno dell'area di progetto in modo regolare, riprendendo gli allineamenti stradali di via Matteotti a nord e di via Cassini a sud, per la quale è stato inoltre previsto il collegamento con via Milazzo al fine di rivitalizzare il lato sud dell'area di progetto, oggi interrotto dal canale Cervetto.

E' possibile identificare gli edifici di progetto come frammenti di una corte residenziale, interrotta in corrispondenza del sistema di percorsi pubblici, vero e proprio legante delle aree est ed ovest.

L'edificio posto a nord si sviluppa su quattro piani (di cui il piano terra destinato ad attività commerciali) e presenta un fronte compatto verso via Matteotti ed un fronte maggiormente articolato all'interno della corte; in corrispondenza dell'angolo, l'edificio si alza di un piano, quasi a voler rievocare la costruzione dei torrioni posti alle porte della città medievali, distinguendosi come elemento cardine ed eccezione della corte a nord. Tale elemento è riproposto nell'edificio sud, il quale si pone come chiusura della corte e si rapporta con il vicino mercato coperto, cui è virtualmente collegato mediante una schermatura in legno rivolta a sud. L'allineamento dell'edificio subisce una variazione in corrispondenza della parte rivolta ad ovest, come a sottolineare la volontà di “invitare” i passanti verso il mercato e i servizi commerciali.

L'edificio, destinato a residenze, ospita a piano terra servizi commerciali ed una serie di laboratori volti a creare un sistema continuo di spazi polifunzionali riproposti all'interno di cubotti in legno disposti lungo il percorso pedonale. La distribuzione dei servizi pubblici a piano terra lungo le principali direttrici pedonali mira a ridefinire uno spazio ad oggi privo di qualunque valenza di natura pubblica.

Gli edifici paralleli al Cervetto fungono da legante tra i due edifici nord e sud ed ospitano, a differenza di quest'ultimi, unicamente residenze. Caratteristiche principali riguardano la

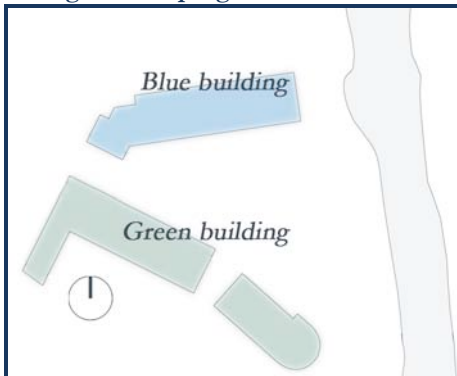
varietà tipologica degli alloggi (duplex e simplex), la distribuzione a ballatoio e l'articolazione dei fronti con strutture leggere (acciaio e legno) a sostegno dei balconi.

Il trattamento degli spazi aperti ha portato alla creazione di luoghi a valenza più privata quali le piazze interne alla corte; intento di queste variazioni è quello di articolare gli spazi aperti in un continuo mix materico e funzionale.

La sponda est del Cervetto, caratterizzata oggi dalla forte presenza di orti privati (ma fatiscenti) ha portato alla riqualificazione di tale argine ed alla definizione di nuovi orti urbani distribuiti su tre livelli differenti ed anch'essi destinati ad uso privato; questa scelta ha inoltre portato alla creazione del mercato coperto, progettato con l'intento di sviluppare un "mercato a Km zero" alimentato con i prodotti ricavati dalla coltivazione diretta dei vicini orti, ma anche come spazio polifunzionale per i cittadini; tale soluzione ha portato alla progettazione di una struttura considerabile come vero e proprio elemento di snodo tra le due aree. Inoltre, l'uso di materiali naturali come il legno, rispecchiano e dimostrano la volontà di legarsi all'ambiente naturale circostante tipico del Vercellese.

10.2 CALCOLO STRUTTURALE EDIFICI

F. 88 gli edifici progettati



10.2.1 Blue building. Dimensionamento trave in solaio intermedio

T. 16 pacchetto solaio tipo Blue building

MATERIALE	SPESSORE [mm]	PESO SPECIFICO [kg/m ³]	PESO MAT. [kg/m ²]
Parquet	10	2500	25
Pannello fibra di legno	40	80	3,2
Assito fibra di legno	10	100	1
Sughero granulare	45	300	13,5
Sughero	120	300	36
Assito fibra di legno	30	100	3
Impianti			10
SOVRACCARICO PERMANENTE [SP]			78,2

TRAVATURA SECONDARIA E PRIMARIA SOLAIO [PS]: 120 kg/m²

SOVRACCARICO ACCIDENTALE [SA]: 200 kg/m²

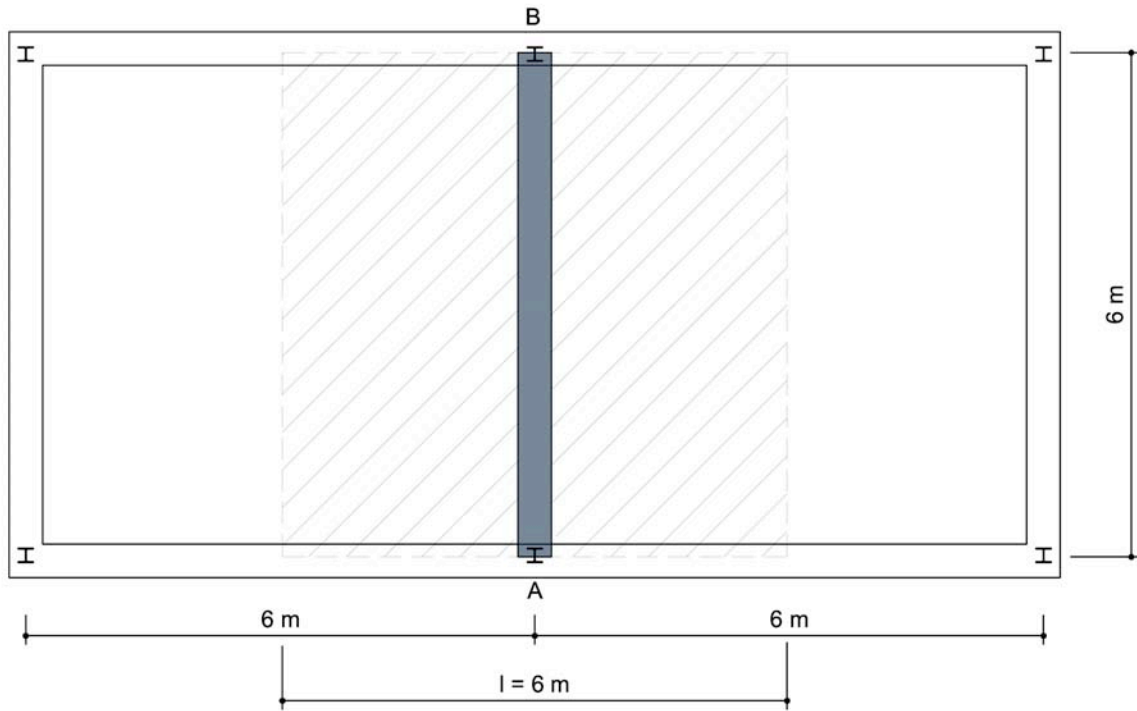
G: carichi permanenti strutturali (peso proprio struttura) e non strutturali (impianti).

Q: carichi variabili (valore preso da: “valori dei carichi d’esercizio per le diverse categorie di edifici” NTC 2008) e carico neve.

$$G = PS + SP = 120 \text{ kg/m}^2 + 78,2 \text{ kg/m}^2 = 198,2 \text{ kg/m}^2$$

$$Q = SA = 200 \text{ kg/m}^2$$

F. 89 trave calcolata e area d'influenza



Calcolo travatura secondaria:

g: carichi permanenti al metro

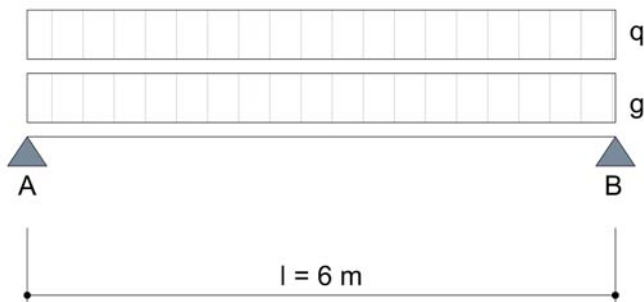
q: carichi variabili e neve al metro

$$g = G * l = 198,2 \text{ kg/m}^2 * 6\text{m} = 1.189,2 \text{ kg/m}$$

$$q = Q * l = 200 \text{ kg/m}^2 * 6\text{m} = 1.200 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{tot.}} = g + q = 1.189,2 \text{ kg/m} + 1.200 \text{ kg/m} = 2.389,2 \text{ kg/m}$$

F. 90 schema trave con i carichi distribuiti



$$T = (q * l) / 2 = (2.389,2 \text{ kg/m} * 6 \text{ m}) / 2 = 7.167,6 \text{ kg} = 71.676 \text{ N}$$

$$M = (q * l^2) / 10 = (2.389,2 \text{ kg/m} * 36 \text{ m}) / 10 = 8.602 \text{ kg m} = 86.020.000 \text{ N mm}$$

DIMENSIONAMENTO TRAVE *Blue building*

FE 420 $\sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_a = M/I \cdot y = M/I \cdot h/2 = M/W_x$$

$$W_x = M/\sigma_a = 86.020.000 \text{ N mm} / 190 \text{ N/mm}^2 = 452.737 \text{ mm}^3$$

IPE 330 dimensioni h 330 mm b 160 mm

DIMENSIONAMENTO PILASTRO *Blue building*

Numero piani considerati: 6

FE 420 $\sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

$$N = T \cdot n^\circ \text{ piani} = 71.676 \text{ N} \cdot 6 = 430.056 \text{ N}$$

$$\sigma_a = N/A = 430.065 \text{ N} / 190 \text{ N/mm}^2 = 2.265 \text{ mm}^2$$

HE 160 dimensioni h 152 mm b 160 mm. Dimensione minima del pilastro.

10.2.2 *Green building*. Dimensionamento trave tetto giardino

T. 17 pacchetto solaio tipo *Green building*

MATERIALE	SPESSORE [mm]	PESO SPECIFICO [kg/m ³]	PESO MAT. [kg/m ²]
Terreno	150	600	90
Sughero	100	300	30
Assito fibra di legno	30	100	3
Sughero	100	300	30
Assito fibra di legno	20	100	2
Impianti			10
SOVRACCARICO PERMANENTE [SP]			165

TRAVATURA SECONDARIA E PRIMARIA SOLAIO [PS]: 120 kg/m²

SOVRACCARICO ACCIDENTALE [SA]: 200 kg/m²

NEVE [N] : $q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_{e,x} \cdot C_t$ (città di Vercelli)

q_s = carico neve

μ_i = coeff. di forma

q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo

C_e = coeff. di esposizione

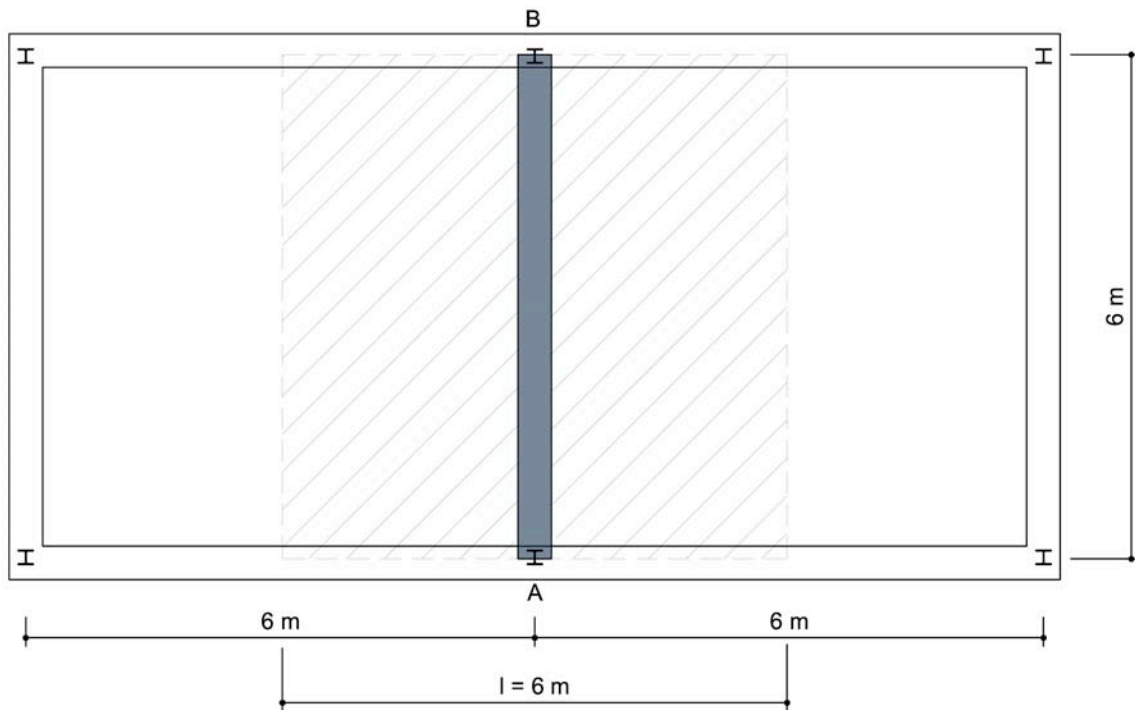
C_t = coeff. Termico

$$q_s = 0,8 \times 1,5 \text{ kN/m}^2 \times 1 \times 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$G = PS + SP = 120 \text{ kg/m}^2 + 165 \text{ kg/m}^2 = 285 \text{ kg/m}^2$$

$$Q = SA + N = 200 \text{ kg/m}^2 + 120 \text{ kg/m}^2 = 320 \text{ kg/m}^2$$

F. 91 trave calcolata e area d'influenza



Calcolo travatura secondaria:

g: carichi permanenti al metro

q: carichi variabili e neve al metro

$$g = G \cdot l = 285 \text{ kg/m}^2 \cdot 6 \text{ m} = 1.710 \text{ kg/m}$$

$$q = Q \cdot l = 320 \text{ kg/m}^2 \cdot 6 \text{ m} = 1.920 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{tot.}} = G/m + Q/m = 1.710 \text{ kg/m} + 1.920 \text{ kg/m} = 3.630 \text{ kg/m}$$

$$T = (q \cdot l) / 2 = (3.630 \text{ kg/m} \cdot 6 \text{ m}) / 2 = 10.890 \text{ kg} = 108.900 \text{ N}$$

$$M = (q \cdot l^2) / 10 = (3.360 \text{ kg/m} \cdot 36 \text{ m}) / 10 = 13.068 \text{ kg m} = 130.680.000 \text{ N mm}$$

DIMENSIONAMENTO TRAVE *Green building*

FE 420 $\sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_a = M/I * y = M/I * h/2 = M/W_x$$

$$W_x = M/\sigma_a = 130.680.000 \text{ N mm}/190 \text{ N/mm}^2 = 687.790 \text{ mm}^3$$

IPE 330 dimensioni h 330 mm b 160 mm

DIMENSIONAMENTO PILASTRO *Green building*

Numero piani considerati: 6

FE 420 $\sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

$$N = T * n^\circ \text{ piani} = 108.900 \text{ N} * 6 = 653.400 \text{ N}$$

$$\sigma_a = N/A = 653.400 \text{ N} / 190 \text{ N/mm}^2 = 3.440 \text{ mm}^2$$

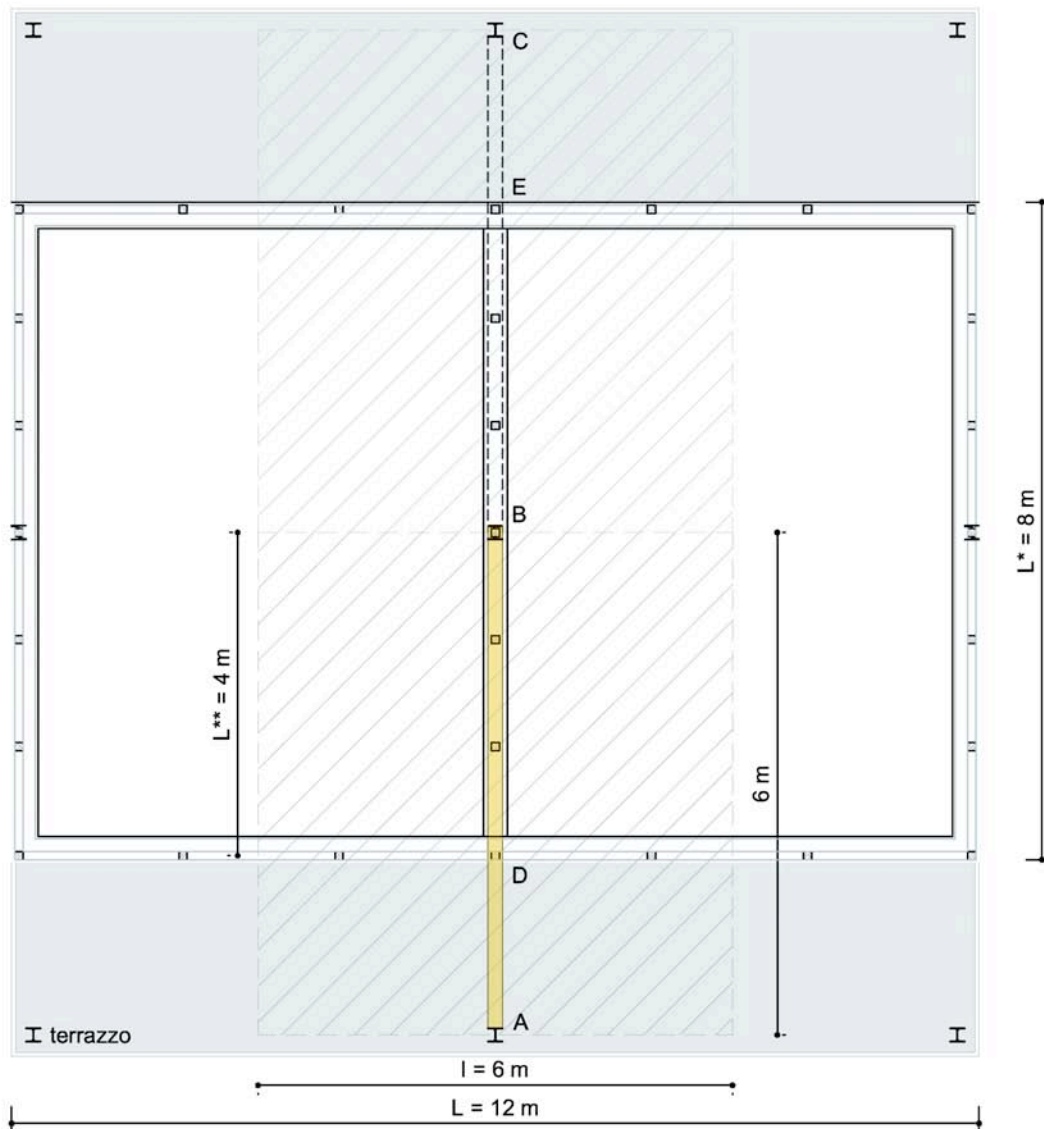
HE 160 dimensioni h 152 mm b 160 mm. Dimensione minima del pilastro.

SCELTE PROGETTUALI

A valle dei dimensionamenti vengono scelte **IPE 330** per le travi principali di entrambi gli edifici e per tutti i piani **HE 200** per i pilastri di entrambi gli edifici e per tutti i piani.

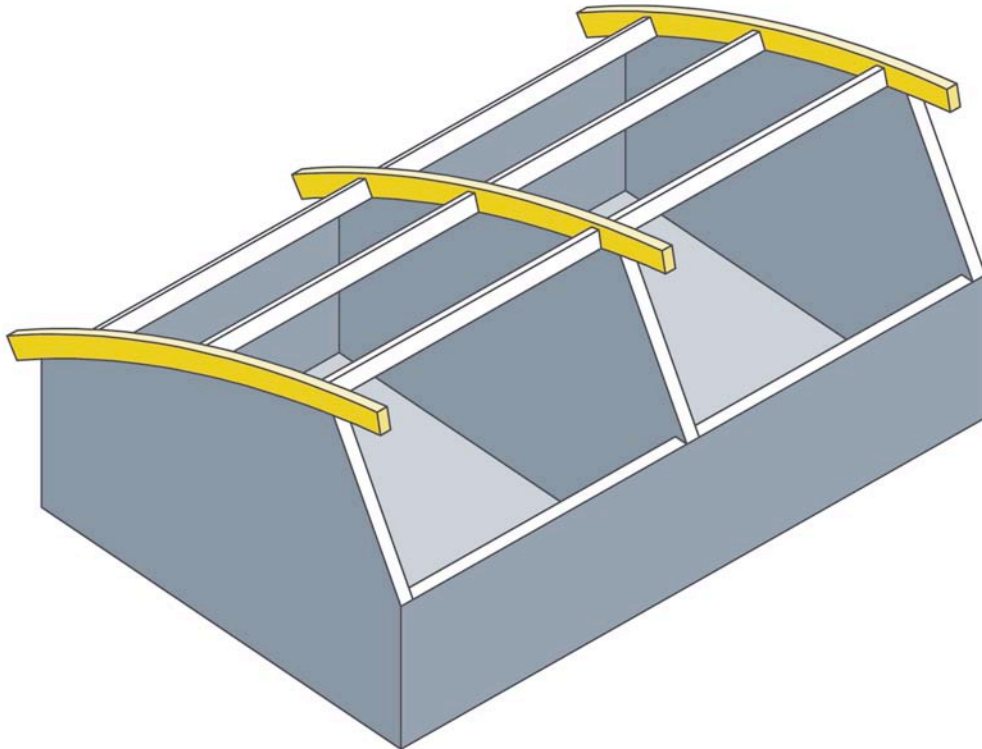
10.2.3 *Blue building*. Dimensionamento trave ultimo piano (sesto)

F. 92 trave calcolata (in giallo) ultimo piano in legno e area d'influenza



PESO COPERTURA ULTIMO PIANO IN LEGNO[PC]

F. 93 schematizzazione struttura autoportante in legno. In giallo le travi di copertura



T. 18 pacchetto copertura tipo ultimo piano *Blue building*

MATERIALE	SPESSORE [mm]	PESO SPECIFICO [kg/m ³]	PESO MAT. [kg/m ²]
Lamiera grecata	5	100	5
Sughero	120	300	36
Assito fibra di legno	40	100	4
PESO MATERIALI [pm]			45

Calcolo peso per parete in legno ultimo piano:

$$\text{Peso specifico trave [Ps]} = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso trave [P1]} = \text{Ps} * \text{A trave} * \text{L* trave} = 600 \text{ kg/m}^3 * 0,045 \text{ m}^2 * 8 \text{ m} = 216 \text{ kg}$$

$$\text{Peso trave in D [pd]} = \text{P1} / 2 = 216 \text{ kg} / 2 = 108 \text{ kg}$$

$$\text{Peso trave in E [pe]} = \text{P1} / 2 = 216 / 2 = 108 \text{ kg}$$

$$\text{Peso copertura [pc]} = \text{pm} * \text{l} * \text{L**} = 45 \text{ kg/m}^2 * 6 \text{ m} * 4 \text{ m} = 1.080 \text{ kg}$$

$$\text{Pc tot.} = \text{pc} + \text{pe} = 1.080 \text{ kg/m} + 108 \text{ kg} = \mathbf{1.188 \text{ kg}}$$

PESO PARETE ULTIMO PIANO IN LEGNO[PP]

T. 19 pacchetto parete tipo ultimo piano *Blue building*

MATERIALE	SPESSORE [mm]	PESO SPECIFICO [kg/m ³]	PESO MAT. [kg/m ²]
Legno di rivestimento	40	600	24
Sughero	140	300	42
Assito fibra di legno	30	100	3
Intonaco di gesso	15	120	18
PESO MATERIALI [pm]			87

Calcolo peso per parete in legno ultimo piano:

Peso specifico n. 1 pilastro in legno [Ps]= 600 kg/m³

Peso n. 1 pilastro [P1] = Ps * A pilastro * h Pilastro = 600 kg/m³ * 0,01 m² * 4 m = 24 kg

Peso totale pilastri [Pt] = P1 * n. pilastri = 24 kg * 7 = 168 kg

Peso al m [pq]= Pt / 12 = 168 kg / 12 m = 14 kg /m

Peso parete [pp] = pm * h = 87 kg/m² * 4 m = 348 kg/m

g = pp + pq = 348 kg/m + 14 kg/m = 362 kg/m

Pp tot. = g * l = 362 kg/m * 6 m = 2.172 kg

PESO SOLAIO ULTIMO PIANO IN LEGNO[PS]

T. 20 pacchetto solaio tipo ultimo piano *Blue building*

MATERIALE	SPESSORE [mm]	PESO SPECIFICO [kg/m ³]	PESO MAT. [kg/m ²]
Parquet	10	2500	25
Pannello fibra di legno	40	80	3,2
Assito fibra di legno	10	100	1
Sughero granulare	45	300	13,5
Sughero	120	300	36
Assito fibra di legno	30	100	3
Impianti			10
SOVRACCARICO PERMANENTE [SP]			78,2

TRAVATURA SECONDARIA E PRIMARIA SOLAIO [PS]:: 120 kg/m²

SOVRACCARICO ACCIDENTALE [SA]: 200 kg/m²

G: carichi permanenti strutturali (peso proprio struttura) e non strutturali (impianti).

Q: carichi variabili (valore preso da: “valori dei carichi d’esercizio per le diverse categorie di edifici” NTC 2008) e carico neve.

$$G = PS + SP = 120 \text{ kg/m}^2 + 78,2 \text{ kg/m}^2 = 198,2 \text{ kg/m}^2$$

$$Q = SA = 200 \text{ kg/m}^2$$

Calcolo travatura secondaria:

g: carichi permanenti al metro

q: carichi variabili e neve al metro

$$g = G * l = 198,2 \text{ kg/m}^2 * 6 \text{ m} = 1.189,2 \text{ kg/m}$$

$$q = Q * l = 200 \text{ kg/m}^2 * 6 \text{ m} = 1.200 \text{ kg/m}$$

$$P_{s \text{ tot.}} = (G + Q) * l = (198,2 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2) * 6 \text{ m} = 2.389,2 \text{ kg/m}$$

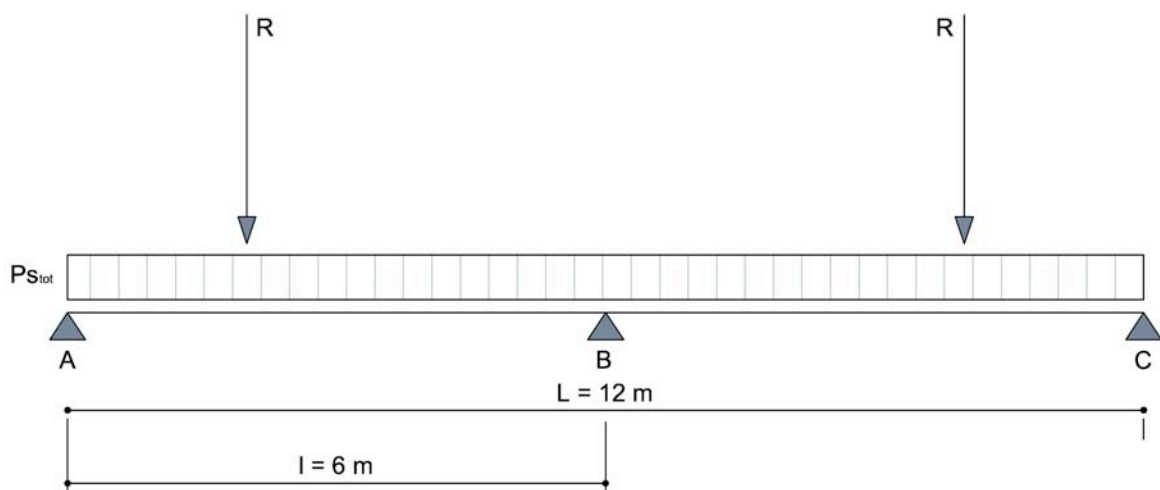
Carichi concentrati:

$$R = P_c \text{ tot.} + P_p \text{ tot.} = 1.188 \text{ kg} + 2.172 \text{ kg} = 3.360 \text{ kg}$$

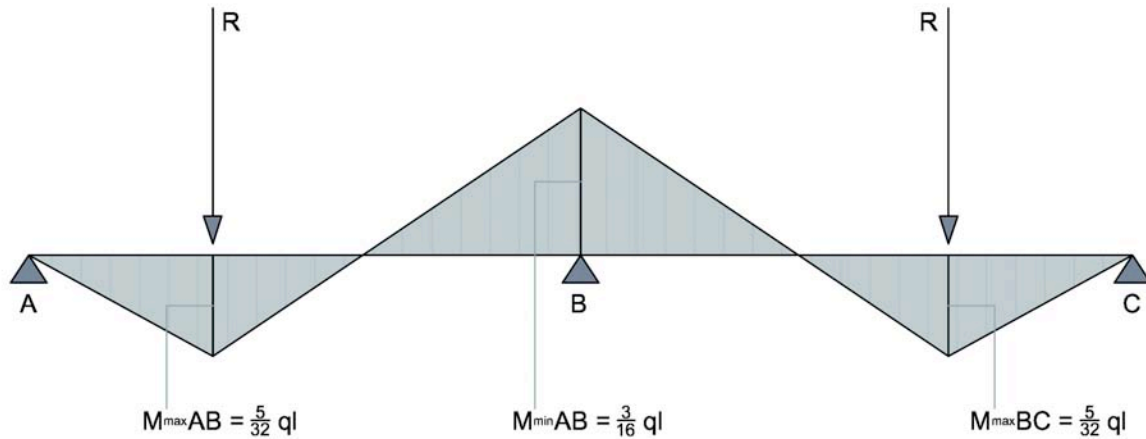
Carico distribuito:

$$P_{s \text{ tot.}} = 2.389,2 \text{ kg/m}$$

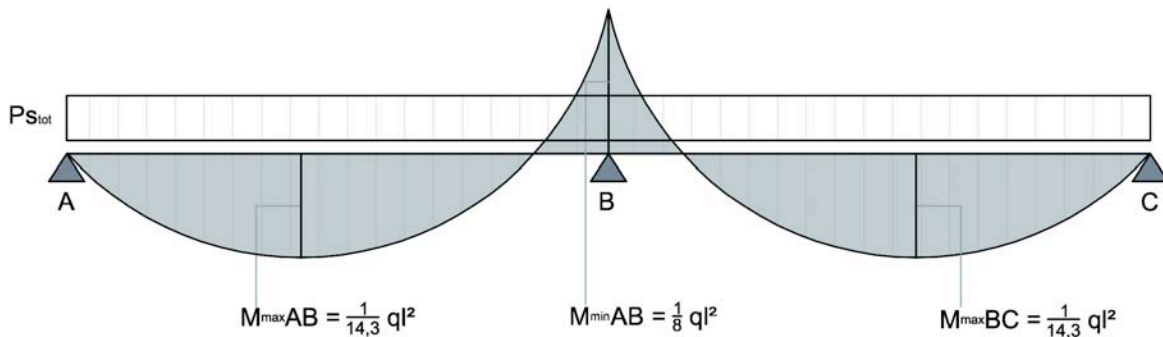
F. 94 schema trave con carico distribuito e R dei carichi concentrati



F. 95 schema del Taglio



F. 96 schema del Momento



In fase di predimensionamento si approssima il calcolo del momento considerando i carichi concentrati nella mezzeria.

Si utilizza il principio di sovrapposizione degli effetti, che permette di studiare separatamente gli effetti dei carichi concentrati e del carico distribuito.

M_{AB} carichi concentrati:

$$M_{\max AB c} = \frac{5}{32} * R * l = \frac{5}{32} * 3.360 \text{ kg} * 6 \text{ m} = 3.150 \text{ kg m}$$

$$M_{\min AB c} = \frac{3}{16} * R * l = \frac{3}{16} * 3.360 \text{ kg} * 6 \text{ m} = 3.780 \text{ kg m}$$

M_{AB} carico distribuito:

$$M_{\max AB d} = \frac{1}{14,3} * P_{s \text{ tot.}} * l^2 = \frac{1}{14,3} * 2.389,2 \text{ kg/m} * 36 \text{ m}^2 = 6.015 \text{ kg m}$$

$$M_{\min AB d} = \frac{1}{8} * P_s * l^2 = \frac{1}{8} * 2.389,2 \text{ kg/m} * 36 \text{ m}^2 = 10.751,4 \text{ kg m}$$

$$\mathbf{M}_{\text{MAX}} \mathbf{AB} \text{ tot} = M_{\text{MAX}} \text{ AB c} + M_{\text{MAX}} \text{ AB d} = 3.150 \text{ kg m} + 6.015 \text{ kg m} = 9.165 \text{ kg m}$$

$$\mathbf{M}_{\text{MIN}} \mathbf{AB} \text{ tot} = M_{\text{MIN}} \text{ AB c} + M_{\text{MIN}} \text{ AB d} = 3.780 \text{ kg m} + 10.751,4 \text{ kg m} = 14.531,4 \text{ kg m}$$

Viene preso in considerazione il valore del momento maggiore:

$$\mathbf{M}_{\text{MIN}} \mathbf{AB} \text{ tot} = 14.531,4 \text{ kg m}$$

$$\mathbf{FE} \mathbf{420} \quad \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{W}_x = M_{\text{MIN}} \text{ AB tot} / \sigma_a = 145.314.000 \text{ N mm} / 190 \text{ N/mm}^2 = 764.811 \text{ mm}^3$$

IPE 400 dimensioni h 400 mm b 180 mm

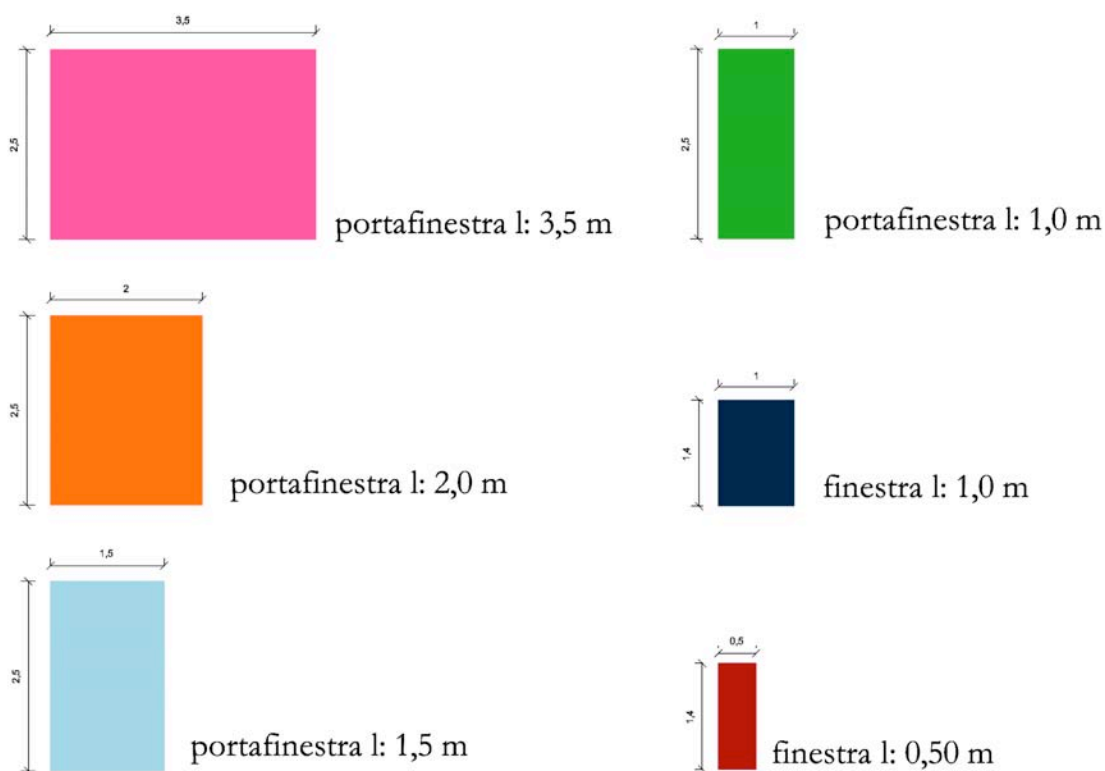
Viene scelta questa IPE per le travi principali del piano sesto del *blue building*.

10.2 CALCOLO RAPPORTI AEROILLUMINANTI (R.A.I)

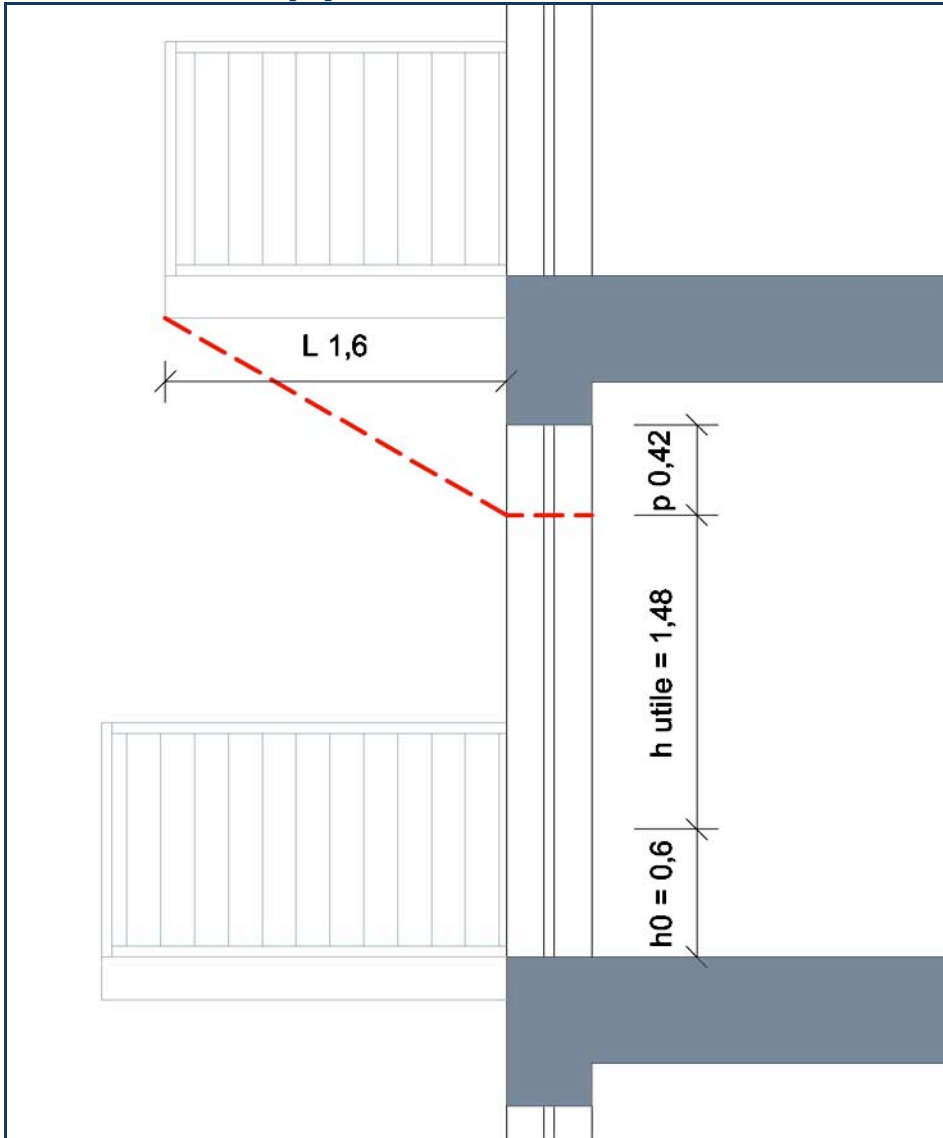
F. 88 gli edifici progettati



F. 97 dimensioni delle finestre ai fini del calcolo dei rapporti aeroilluminanti



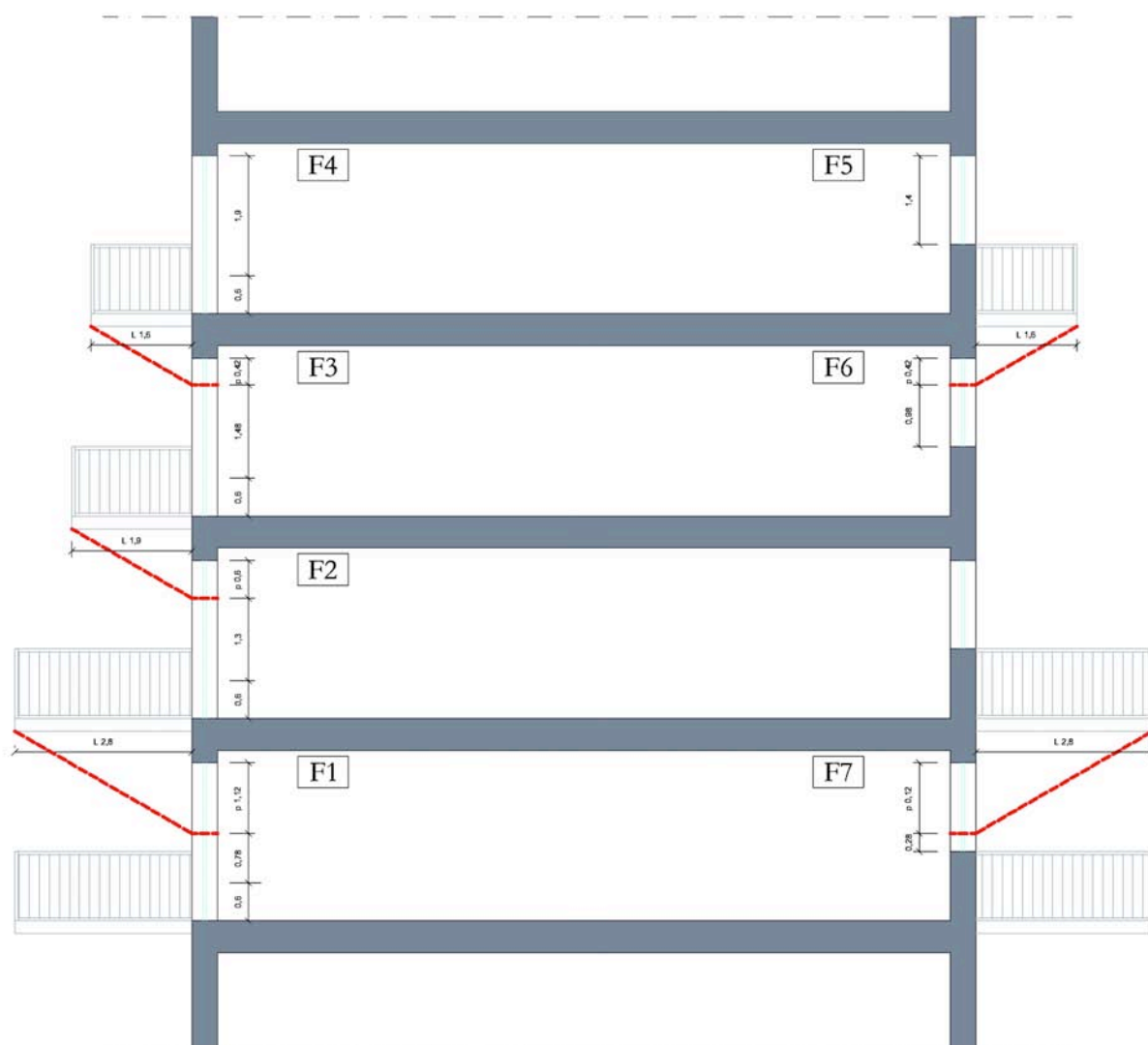
F. 98 schema di calcolo tipo per R.A.I.



$$h_{\text{calcolo}} = (p / 3) + h_{\text{utile}}$$
$$\text{Area finestra} = h_{\text{utile}} * l_{\text{finestra}}$$
$$\text{R.A.I.} = \text{Area locale} / \text{Area finestra}$$

10.3.1 CALCOLO EDIFICIO *GREEN BUILDING*

F. 99 schema delle proiezioni ai fini del calcolo dei rapporti illuminanti *green building*



F. 100 piante *green building*



PIANTA PIANO PRIMO + 4.60 m



PIANTA PIANO SECONDO + 7.80 m



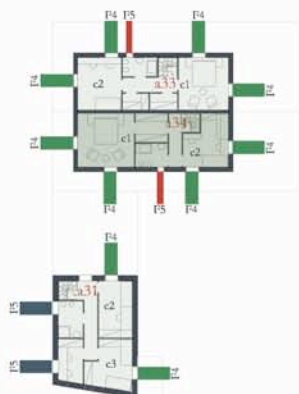
PIANTA PIANO TERZO + 11.00 m



PIANTA PIANO QUARTO + 14.20 m



PIANTA PIANO QUINTO+ 17.40 m



PIANTA PIANO SESTO + 20.60 m

T. 21 calcolo rapporti aeroilluminanti *green building*

Appartamento **a1**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	5,6	2,24
l	F4 verde	2,5	24	5,67
	F1 azzurro	1,73		
c1	F2 verde	1,5	15,5	5,34
	F5 blu	1,4		
c2	F4 verde	2,5	10,5	4,2
b1	F5 blu	1,4	7,6	5,43
b2	F5 blu	1,4	3,6	2,57

Appartamento **a2**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 verde	2,5	20	8
	F5 blu	1,4		
c	F4 verde	2,5	16	6,4
	F3 verde	1,62		
b	F5 blu	1,4	8,24	5,89
	F5 blu	1,4		

Appartamento **a3**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	21	7,66
	F6 blu	1,12		

Appartamento **a4**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	13	8,02
c	F3 verde	1,62	14	8,00

Appartamento **a5**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F1 arancio	2,3	18	7,83
c1	F1 verde	1,15	14	8,00
c2	F4 verde	2,5	9,7	3,88
b	F7 blu	0,65	5	7,69

Appartamento **a6**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 azzurro	2,43	19	7,82
c1	F3 verde	1,62	14	8,00
c2	F3 verde	1,62	9,7	5,99
b	F6 blu	1,12	7,5	6,70

Appartamento a7

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F1 verde	1,15	9	7,83
l	F3 azzurro	2,43	35	8,00
	F4 verde	2,5		
	F1 azzurro	1,73		
c1	F3 verde	1,62	14	8
c2	F3 verde	1,62	12	7,41
c3	F3 verde	1,62	13	8,02
b1	F6 blu	1,12	8,5	7,59

Appartamento a8

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F1 verde	1,15	9	7,83
l	F1 arancio	2,3	32	7,94
	F1 azzurro	1,73		
c1	F3 azzurro	2,43	20	8,23
c2	F3 verde	1,62	13	8,02
c3	F3 verde	1,62	13	8,02
b1	F5 blu	1,4	9	6,43

Appartamento a9

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	5,6	2,24
l	F4 verde	2,5	24	5,67
	F1 azzurro	1,73		
c1	F2 verde	1,5	15,5	5,34
	F5 blu	1,4		
c2	F4 verde	2,5	10,5	4,2
b1	F5 blu	1,4	7,6	5,43
b2	F5 blu	1,4	3,6	2,57

Appartamento a10

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 verde	2,5	20	8
	F5 blu	1,4		
c	F4 verde	2,5	16	6,4
	F3 verde	1,62		
b	F5 blu	1,4	8,24	5,89
	F5 blu	1,4		

Appartamento a11

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	21	6,95
	F5 blu	1,4		

Appartamento a12

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	13	8,02
c	F3 verde	1,62	14	8,00

Appartamento a13

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F1 arancio	2,3	19	8,26
c1	F1 verde	1,15	14	8,00
c2	F4 verde	2,5	9,7	3,88
b	F6 blu	1,12	7,5	6,70

Appartamento a14

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 azzurro	2,43	19	7,82
c1	F3 verde	1,62	14	8,00
c2	F3 verde	1,62	9,7	5,99
b	F6 blu	1,12	7,5	6,70

Appartamento a15

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F1 verde	1,15	9	7,83
l	F1 azzurro	1,73	35	8,00
	F1 verde	1,15		
	F1 azzurro	1,73		
c1	F3 verde	1,62	14	8
c2	F4 verde	2,5	12	4,80
c3	F4 verde	2,5	13	5,20
b1	F5 blu	1,4	8,5	6,07

Appartamento a16

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F1 verde	1,15	9	7,83
l	F1 arancio	2,3	32	7,94
	F1 azzurro	1,73		
c1	F3 azzurro	2,43	20	8,23
c2	F3 verde	1,62	13	8,02
c3	F3 verde	1,62	13	8,02
b1	F5 blu	1,4	9	6,43

Appartamento a17

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	5,6	2,24
l	F4 verde	2,5	24	5,67
	F1 azzurro	1,73		
c1	F2 verde	1,5	15,5	5,34
	F5 blu	1,4		
c2	F4 verde	2,5	10,5	4,2
b1	F5 blu	1,4	7,6	5,43
b2	F5 blu	1,4	3,6	2,57

Appartamento a18

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 verde	2,5	20	8
	F5 blu	1,4		
c	F4 verde	2,5	16	6,4
	F3 verde	1,62		
b	F5 blu	1,4	8,24	5,89
	F5 blu	1,4		

Appartamento a19

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	21	6,95
	F5 blu	1,4		

Appartamento a20

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	13	8,02
c	F3 verde	1,62	14	8,00

Appartamento a21

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 arancio	3,8	18	4,74
c1	F4 verde	2,5	14	5,60
c2	F4 verde	2,5	9,7	3,88
b	F7 blu	0,65	5	7,69

Appartamento a22

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 azzurro	2,85	19	6,67
c1	F3 verde	1,62	14	8,00
c2	F4 verde	2,5	9,7	3,88
b	F6 blu	1,12	7,5	6,70

Appartamento a23

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	9	3,60
l	F4 azzurro	2,85	35	5,38
	F4 verde	2,5		
	F1 verde	1,15		
c1	F3 verde	1,62	14	8
c2	F4 verde	2,5	12	4,80
c3	F4 verde	2,5	13	5,20
b1	F6 blu	1,12	8,5	7,59

Appartamento a24

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	9	3,60
l	F4 azzurro	2,85	32	7,53
	F5 blu	1,4		
c1	F4 azzurro	2,85	20	7,02
c2	F4 verde	2,5	13	5,20
c3	F4 verde	2,5	13	5,20
b1	F5 blu	1,4	9	6,43

Appartamento a25

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	5,6	2,24
l	F4 verde	2,5	24	5,67
	F1 azzurro	1,73		
c1	F2 verde	1,5	15,5	5,34
	F5 blu	1,4		
c2	F4 verde	2,5	10,5	4,2
b1	F5 blu	1,4	7,6	5,43
b2	F5 blu	1,4	3,6	2,57

Appartamento a26

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 verde	2,5	20	8
	F5 blu	1,4		
c	F4 verde	2,5	16	6,4
	F3 verde	1,62		
b	F5 blu	1,4	8,24	5,89
	F5 blu	1,4		

Appartamento a27

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	21	6,95
	F5 blu	1,4		

Appartamento a28

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	13	8,02
c	F3 verde	1,62	14	8,00

Appartamento a29

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 azzurro	2,85	36	4,39
	F4 verde	2,5		
	F4 azzurro	2,85		
c	F4 azzurro	2,85	15	5,26
b	F5 blu	1,4	5,7	4,07

Appartamento a30

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 azzurro	2,85	36	4,39
	F4 verde	2,5		
	F4 azzurro	2,85		
c	F3 azzurro	2,43	15	6,17
b	F5 blu	1,4	5,7	4,07

Appartamento a31

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	5,6	2,24
l	F4 verde	2,5	24	4,49
	F4 azzurro	2,85		
c1	F2 verde	1,5	22,4	4,15
	F4 verde	2,5		
	F5 blu	1,4		
c2	F4 verde	2,5	11,4	4,56
c3	F5 blu	1,4	11,4	2,92
	F4 verde	2,5		
b1	F5 blu	1,4	5,2	3,71
b2	F5 blu	1,4	3,6	2,57

Appartamento a32

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F4 verde	2,5	20	8
	F5 blu	1,4		
c	F4 verde	2,5	16	6,4
	F3 verde	1,62		
b	F5 blu	1,4	8,24	5,89
	F5 blu	1,4		

Appartamento **a33**

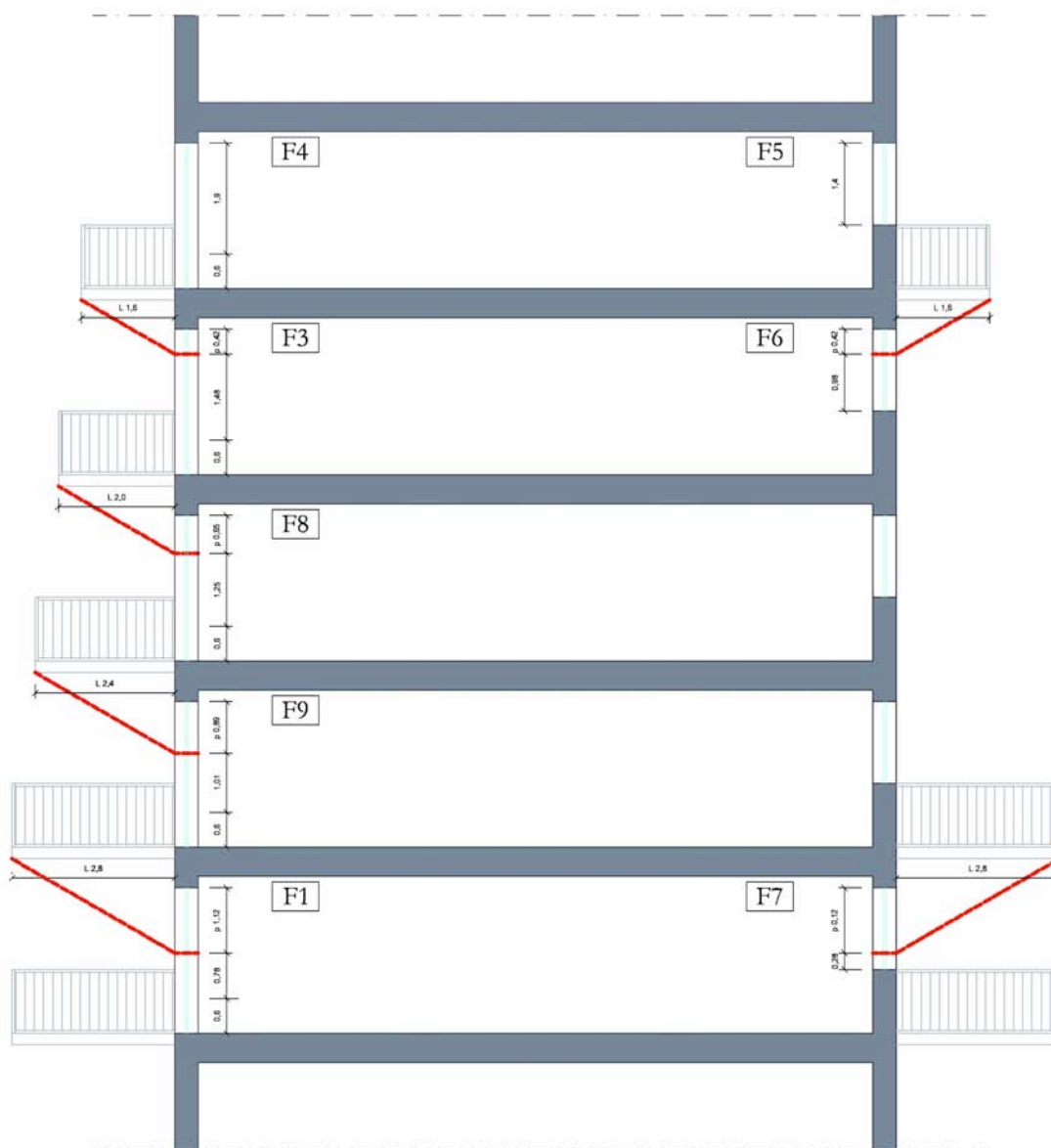
locale	tipo F	Area Finestra [m²]	Area loc. [m²]	R.A.I.
lk	F3 verde	1,62	24	7,95
	F5 blu	1,4		
c1	F4 verde	2,5	15,4	3,08
	F4 verde	2,5		
c2	F4 verde	2,5	13,3	2,66
	F4 verde	2,5		
b	F5 rosso	0,7	3,8	5,43

Appartamento **a34**

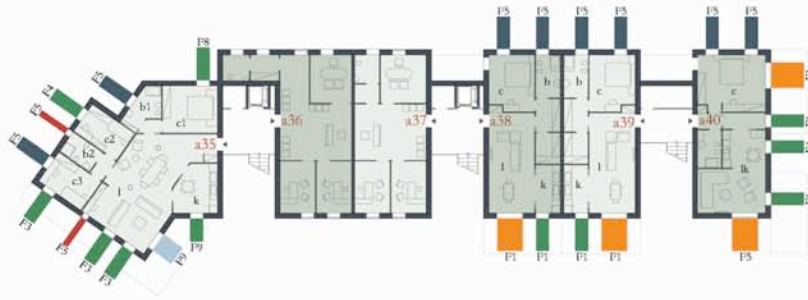
locale	tipo F	Area Finestra [m²]	Area loc. [m²]	R.A.I.
k	F5 blu	1,4	6,9	4,93
l	F3 verde	1,62	20	4,85
	F4 verde	2,5		
c1	F4 verde	2,5	17,8	3,56
	F4 verde	2,5		
c2	F4 verde	2,5	12,2	2,44
	F4 verde	2,5		
b	F5 rosso	0,7	3,8	5,43

10.3.2 CALCOLO EDIFICIO BLUE BUILDING

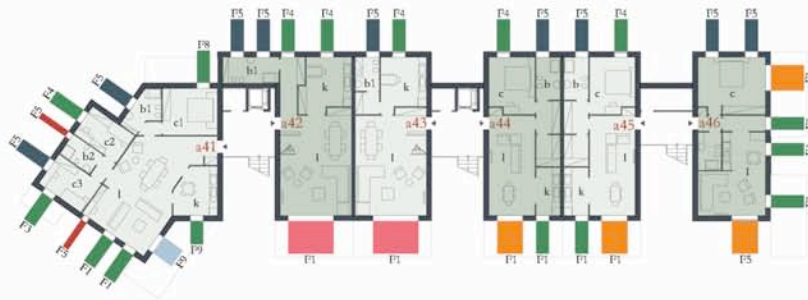
F. 101 schema delle proiezioni ai fini del calcolo dei rapporti illuminanti *blue building*



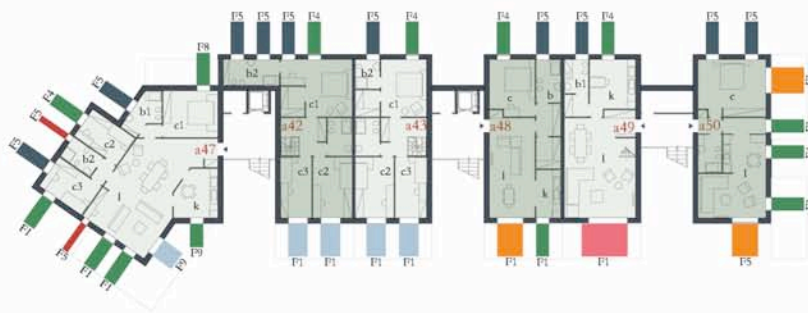
F. 102 piante *blue building*



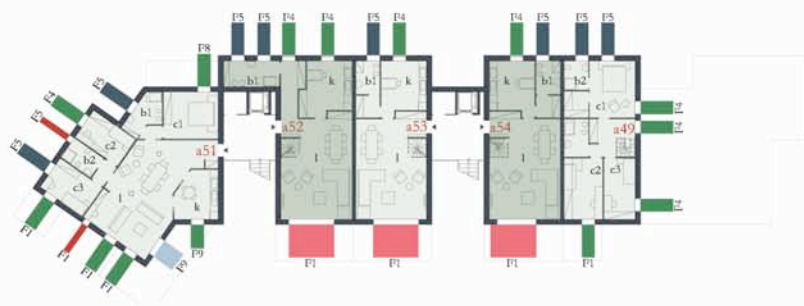
PIANTA PIANO PRIMO + 4.60 m



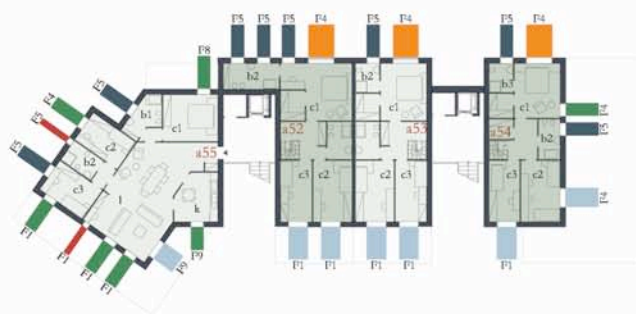
PIANTA PIANO SECONDO + 7.80 m



PIANTA PIANO TERZO + 11.00 m



PIANTA PIANO QUARTO + 14.20 m



PIANTA PIANO QUINTO + 17.40 m



PIANTA PIANO SESTO + 20.60 m



PIANTA PIANO SETTIMO + 23.80 m

T. 22 calcolo rapporti aeroilluminanti *blue building*

Appartamento **a35**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F9 verde	1,3	10	7,69
l	F9 azzurro	1,96	40	6,78
	F3 verde	1,62		
	F3 verde	1,62		
	F5 rosso	0,7		
c1	F8 verde	1,8	14	7,78
c2	F4 verde	2,5	9,8	3,92
c3	F5 blu	1,4	10,7	3,54
	F3 verde	1,62		
b1	F5 blu	1,4	6,4	4,57
b2	F5 rosso	0,7	5	7,14

Appartamento **a38**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
l	F1 arancio	2,3	18	7,83
k	F1 verde	1,15	7	6,09
c	F5 blu	1,7	14	8,24
b	F5 blu	1,4	6	4,29

Appartamento **a39**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
l	F1 arancio	2,3	18	7,83
k	F1 verde	1,15	7	6,09
c	F5 blu	1,7	14	8,24
b	F5 blu	1,4	6	4,29

Appartamento **a40**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F5 arancio	2,8	27,7	4,29
	F1 verde	1,15		
	F4 verde	2,5		
c	F5 blu	1,7	21,8	6,41
	F5 blu	1,7		

Appartamento **a41**

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F9 verde	1,3	10	7,69
l	F9 azzurro	1,96	40	8,06
	F1 verde	1,15		
	F1 verde	1,15		
	F5 rosso	0,7		
c1	F8 verde	1,8	14	7,78
c2	F4 verde	2,5	9,8	3,92
c3	F5 blu	1,4	10,7	3,54
	F3 verde	1,62		

b1	F5 blu	1,4	6,4	4,57
b2	F5 rosso	0,7	5	7,14

Appartamento a42

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	15	6,00
l	F1 rosa	4	32	8,00
c1	F5 blu	1,4	24	6,15
	F4 verde	2,5		
c2	F1 azzurro	1,73	13,7	7,92
c3	F1 azzurro	1,73	11,2	6,47
b1	F5 blu	1,4	8,5	3,04
	F5 blu	1,4		
b2	F5 blu	1,4	8,5	3,04
	F5 blu	1,4		

Appartamento a43

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	15	6,00
l	F1 rosa	4	32	8,00
c1	F4 verde	2,5	15,4	6,16
c2	F1 azzurro	1,73	13,7	7,92
c3	F1 azzurro	1,73	11,2	6,47
b1	F5 blu	1,4	5	3,57
b2	F5 blu	1,4	4	2,86

Appartamento a44

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
l	F1 arancio	2,3	18	7,83
k	F1 verde	1,15	7	6,09
c	F4 verde	2,5	14	5,60
b	F5 blu	1,4	6	4,29

Appartamento a45

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
l	F1 arancio	2,3	18	7,83
k	F1 verde	1,15	7	6,09
c	F4 verde	2,5	14	5,60
b	F5 blu	1,4	6	4,29

Appartamento a46

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F5 arancio	2,8	27,7	4,29
	F1 verde	1,15		
	F4 verde	2,5		
c	F5 blu	1,7	21,8	3,82
	F1 arancio	2,3		
	F5 blu	1,7		

Appartamento a47

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F9 verde	1,3	10	7,69
l	F9 azzurro	1,96	40	8,06
	F1 verde	1,15		
	F1 verde	1,15		
	F5 rosso	0,7		
c1	F8 verde	1,8	14	7,78
c2	F4 verde	2,5	9,8	3,92
c3	F5 blu	1,4	10,7	3,54
	F3 verde	1,62		
b1	F5 blu	1,4	6,4	4,57
b2	F5 rosso	0,7	5	7,14

Appartamento a48

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
l	F1 arancio	2,3	18	7,83
k	F1 verde	1,15	7	6,09
c	F4 verde	2,5	14	5,60
b	F5 blu	1,4	6	4,29

Appartamento a49

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	15	6,00
l	F1 rosa	4	32	8,00
c1	F5 blu	1,4	15,4	3,95
	F4 verde	2,5		
c2	F4 verde	2,5	13,7	5,48
c3	F4 verde	2,5	11,2	4,48
b1	F5 blu	1,4	5	3,57
b2	F5 blu	1,4	4	2,86

Appartamento a50

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
lk	F5 arancio	2,8	27,7	4,29
	F1 verde	1,15		
	F4 verde	2,5		
c	F5 blu	1,7	21,8	3,82
	F1 arancio	2,3		
	F5 blu	1,7		

Appartamento a51

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F9 verde	1,3	10	7,69
l	F9 azzurro	1,96	40	8,06
	F1 verde	1,15		
	F1 verde	1,15		
	F5 rosso	0,7		

c1	F8 verde	1,8	14	7,78
c2	F4 verde	2,5	9,8	3,92
c3	F5 blu	1,4	10,7	4,20
	F1 verde	1,15		
b1	F5 blu	1,4	6,4	4,57
b2	F5 rosso	0,7	5	7,14

Appartamento a52

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	15	6,00
l	F1 rosa	4	32	8,00
c1	F5 blu	1,4	24	4,62
	F4 arancio	3,8		
c2	F1 azzurro	1,73	13,7	7,92
c3	F1 azzurro	1,73	11,2	6,47
b1	F5 blu	1,4	8,5	3,04
	F5 blu	1,4		
b2	F5 blu	1,4	8,5	3,04
	F5 blu	1,4		

Appartamento a53

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	15	6,00
l	F1 rosa	4	32	8,00
c1	F4 arancio	3,8	15,4	4,05
c2	F1 azzurro	1,73	13,7	7,92
c3	F1 azzurro	1,73	11,2	6,47
b1	F5 blu	1,4	5	3,57
b2	F5 blu	1,4	4	2,86

Appartamento a54

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	15	6,00
l	F1 rosa	4	32	8,00
c1	F4 verde	2,5	15,4	2,44
	F4 arancio	3,8		
c2	F4 azzurro	2,85	13,7	4,81
c3	F1 azzurro	1,73	11,2	6,47
b1	F5 blu	1,4	5	3,57
b2	F5 blu	1,4	4	2,86

Appartamento a55

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F9 verde	1,3	10	7,69
l	F9 azzurro	1,96	40	8,06
	F1 verde	1,15		
	F1 verde	1,15		
	F5 rosso	0,7		

c1	F8 verde	1,8	14	7,78
c2	F4 verde	2,5	9,8	3,92
c3	F5 blu	1,4	10,7	4,20
	F1 verde	1,15		
b1	F5 blu	1,4	6,4	4,57
b2	F5 rosso	0,7	5	7,14

Appartamento a56

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
k	F4 verde	2,5	10,8	4,32
	F5 blu	1,4		
l	F4 arancio	3,8	40	5,10
	F8 arancio	2,9		
	F8 arancio	1,15		
c1	F8 verde	1,8	14	7,78
c2	F5 blu	1,4	11	7,86
c3	F4 arancio	3,8	16,45	2,61
	F4 verde	2,5		
b1	F5 blu	1,4	4	2,86
b2	F5 blu	1,4	6,6	4,71

Appartamento a57

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
l	F4 arancio	3,8	20	5,26
k	F4 verde	2,5	6,3	2,52
b	F5 blu	1,4	6	4,29

Appartamento a58

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
l	F4 arancio	3,8	20	5,26
k	F4 verde	2,5	6,3	2,52
b	F5 blu	1,4	6	4,29

Appartamento a59

locale	tipo F	Area Finestra [m ²]	Area loc. [m ²]	R.A.I.
l	F4 arancio	3,8	20	3,01
	F4 azzurro	2,85		
k	F4 verde	2,5	6,3	2,52
b	F5 blu	1,4	6	4,29

10.4 EFFICIENZA ENERGETICA

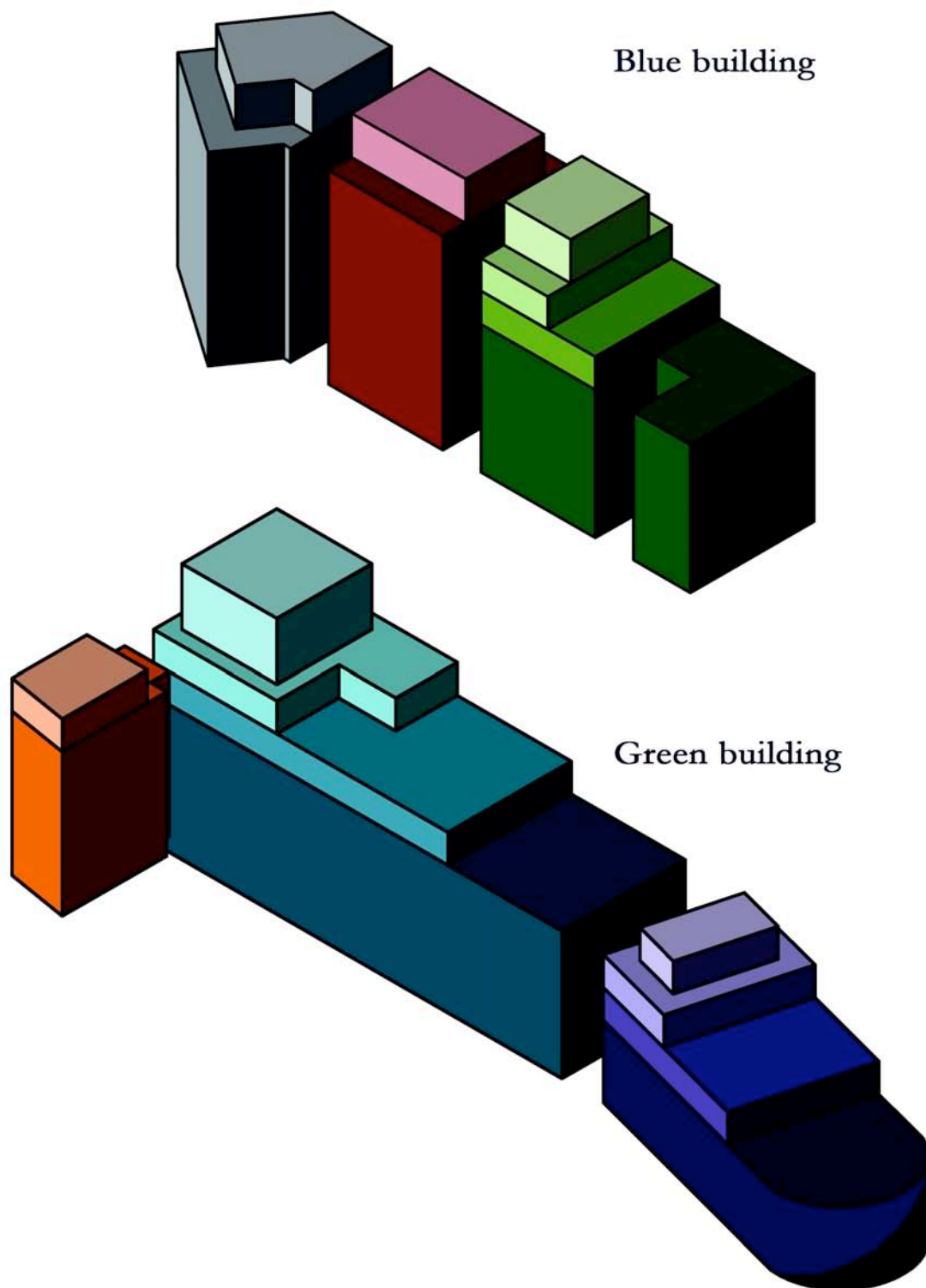
10.4.1 SCHEDA DIMENSIONALE

T. 23 scheda dimensionale

SCHEDA DIMENSIONALE			
1	Superficie del lotto	mq	6600
2	Destinazione d'uso	(*)	residenza
3	Occupanti dell'area	n°	133
4	Volumetria prevista	mc	26400
5	Superficie coperta (proiezione)	mq	1543
6	Impronta sul terreno	mq	1634
7	Area totale delle coperture	mq	2212
8	Superficie inclinata sud	mq	103
9	Superficie verticale sud	mq	2132
10	Superficie piana coperture	mq	1260
11	Superficie lorda dei prospetti	mq	7774
12	Superficie dei serramenti	mq	1454
13	Superficie ambienti riscaldati	mq	6880
14	Superficie coperture netta (sviluppo)	mc	1718
15	Consumo acqua previsto	mc	10015
16	Raccolta acqua piovana prevista	mc	2276
17	Risparmio acqua attuato	kw	2276
18	Consumi energetici elettrici	kw	15,7
19	Produzione energia elettrica rinnovabile mq	kw	39961
21	Produzione energia termica rinnovabile	kw	159844
22	Risparmio delle risorse attuato	kw	199805

10.4.2 COEFFICIENTE DI FORMA

F. 103 schema coefficiente di forma edifici



T. 24 scheda coefficiente di forma

edifici considerati	perimetro ml	altezza ml	n solette di perimetro	area o superficie esterna mq			volume altezza * area	
	del singolo edificio			prospetti	soletta	tot. edificio		
A1	37,6	15	2	564	75,45	714,9	1131,75	
A2	29,6	3	0	88,8	53,4	88,8	160,2	
A3	112	16,5	2	1848	559	2966	9223,5	
A4	64	3	0	192	207,9	0	623,7	
A5	40	6	0	240	100	240	600	
A6	81,7	7,5	2	612,75	380	1372,75	2850	
A7	88	3	0	264	403	264	1209	
A8	63	3	0	189	240,5	189	721,5	
A9	44	3	0	132	117	132	351	
A10	28	3	0	84	45	84	135	
superficie esterna totale mq						6051,45	17005,65	volume totale mc
COEFFICIENTE DI FORMA DELL'INTERVENTO							0,36	GREEN BUILDING

edifici considerati	perimetro ml	altezza ml	n solette di perimetro	area o superficie esterna mq			volume altezza * area	
	del singolo edificio			prospetti	soletta	tot. edificio		
B1	50	19,5	2	975	145,9	1266,8	2845,05	
B2	37,5	4	0	150	86,3	150	345,2	
B3	50	19,5	2	975	156	1287	3042	
B4	40,4	4	0	161,6	98,4	0	393,6	
B5	82,7	13,5	2	1116,45	260	1636,45	3510	
B6	50	3	0	150	156	150	468	
B7	40	3	0	120	91	120	273	
B8	30,4	4	0	121,6	57,4	121,6	229,6	
superficie esterna totale mq						4731,85	11106,45	volume totale mc
COEFFICIENTE DI FORMA DELL'INTERVENTO							0,43	BLUE BILDING

10.4.3 TABELLA UNI

T. 25 tabella UNI

	MASSA	LAMBDA		MASSA	LAMBDA
Acciaio	7850	39	Legno (flusso normale alle fibre):	0	
Acrogel (gel di silice)	130	0,02	— Abete	450	0,1
Allol (fogli lisci)	4	0,028	— Acero	715	0,165
Alghe marine (tra fogli di carta)	70	0,03	— Balsa	112+130	0,04
Alluminio	2700	180	— Pino	545	0,13
Amianto:			— Quercia	850	0,18
— (cartone)	970	0,17	Legno (flusso parallelo alle fibre)		
— (fibre sfuse)	57	0,055	— Abete		0,3
— (a spruzzo)	160	0,032	— Quercia		0,35
Amianto-cemento:			Legno:		
— (in lastre)	1700	0,5	— segatura per riempimento	190	0,05
— (in lastre pressate)	1900	0,8	— lastre di fibre compresse	320	0,055
Ardesia	2700	1,7	— lastre di trucioli agglomerati con cemento	400	0,068
Arenaria	2250	1,4	— lastre rigide e compatte di fibre	1000	0,175
Argilla secca	1780	0,8	Legno compensato	545	0,1
Asfalto	2100	0,6	Lino fibre:		
Avorio	1800	0,45	— in fogli flessibili	80	0,034
Bachelite	1300	0,25	— in fogli semiflessibili	210	0,039
Basalto	2700	3	Linoleum	1200	0,16
Bitume	1050	0,15	Linoleum e sughero	535	0,07
Bronzo	8000	55	— conglomerato con cemento	380	0,07
Calcare	1900	1,3	Magnesia conglomerata con cemento	700	0,15
	2100	1,4	Magnesia con 15% di amianto	300	0,06
	2700	2,5	Marmo	2700	2,9
	2800	3	Mica (flusso normale al piano di sfaldamento)	2700	0,37
Calcestruzzo (cemento, sabbia e ghiaia)			Mosaico		1,2
— armato	2400	1,3	Neve strati:		
— cellulare	800	0,25	— fino a 3 cm	100	0,05
	600	0,2	— oltre 3 fino a 7 cm	200	0,1
	400	0,12	— oltre 7 fino a 20 cm	300	0,2
— magro	1800	0,8	— oltre 20 fino a 40 cm	500	0,6
— ordinario	2200	1,1	Nichel	8800	55
Canna da zucchero (compressa in lastre rigide)	270	0,05	Ottone	8500	85
Canne in genere (compressate in lastre)	250	0,05	Paglia:		
Carbone coke (in pezzi)	600	0,16	— compressa	175	0,05
Carbone di legna (in pezzi)	240	0,076	— fibre sciolte	140	0,047
Carbone (polvere)	600+750	0,1	Paraffina	900	0,23
Carta e cartone	1000	0,14	Pelo pressato in feltro	100	0,032
Carta macerata (per riempimento)	56	0,035		200	0,038
Cartone bitumato	1100	0,16	Perlite:		
Cartone ondulato	0,055		— conglomerata con cemento	650	0,195
Caucciù	1100	0,13		500	0,092
Celluloide	1400	0,18		415	0,079
Cellulosa pressata	1300	0,2	sfusa	120-150	0,038
Cemento e sabbia (blocchetti):			Piombo	11290	30
— all'esterno	2200	0,9	Piume	80	0,03
— all'interno	2200	0,8	Pomice:		
Genere conglomerata con cemento	0,62		— naturale	390	0,2
Genere di legno	500	0,14	— conglomerato con cemento	0	
Ceramica	2400	1		800	0,25
Cotone (in fiocchi)	80	0,036		1000	0,32
Cotone (materassini)	125+320	0,04		1200	0,4
Crine (compressato in feltri)	210	0,04		800	0,35
Cuoio	1000	0,14		1000	0,45
Dolomite	2670	1,5		1200	0,55
Ebanite	1190	0,14	— conglomerato con cemento cellulare	650	0,15
Farina fossile calcinata (sciolta)	280	0,058	Polistirolo espanso	25	0,03
Farina fossile fusa (per tubazioni)	400	0,076	Poliuretano espanso	35	0,022
Farina fessile (in mattoni)	400	0,09	Porcellana piastrelle	2600	0,9
	800	0,18	Rame commerciale	8900	300
Feldspato	2500	2	Resine sintetiche (policloruro di vinile)	1420	0,162
Ferro ordinario	7850	50	Sabbia secca per riempimento	1500	0,5
Fibra	1280	0,4	Schisto:		
Fibra di vetro	15+110	0,03	— (flusso normale al piano sfaldamento)	2800	1,2
Gesso (malta asciutta)	1240	0,37	— (flusso parallelo al piano sfaldamento)	2800	2,1
Gesso cellulare	200	0,055	Scorie conglomerate con cemento	1250	0,6
Gesso e fibre di legno	820	0,26	Scorie (lana, vedere lana minerale)		
Gesso e segatura di legno	920	0,17	Scorie per riempimento	600	0,16
Ghiaccio	920	1,9	Seta in treccia	100	0,043
Ghiaia secca in strati	1900	0,8	Seta sciolta in cascame	58	0,035
Ghisa	1250	45	Smalto	610	1
Gilssulate fuso per tubazioni	770	0,1	Steaite	2600	2,3
Gneiss	2700	3,4	Stoffa di lana	150	0,03
Gomma:			Sughero:		
— molle	1100	0,15	— conglomerato con catraine	150	0,05
— dura per pavimentazione	1200	0,24		400	0,07
Gomma (schiuma)	72	0,026	— espanso in lastre	100	0,03
Granito	3000	3,5		150	0,05
	2500	2,7	— in granuli	130	0,03
Gres	1900	0,95	— in lastre	104+130	0,03
	2500	1,6		250	0,04
Intonaco:			Talco (polvere)	1080	0,25
— di calce e sabbia			Tela		0,075
	esterno	1800	Terra cotta piastrelle	1800	0,8
	interno	0,6	Terreno:		
— di cemento e sabbia	2200	1,1	— secco	2580	0,7
— di gesso e sabbia	1670	0,7	— leggermente umido		1,5
— di gesso interno	1200	0,45	— umido		2
— di gesso e vermiculite o perlite	720	0,2	Torba		
Juta (materassini)	94	0,055	— in lastre	100	0,05
Kapak:			— in lastre compresse	450	0,1
— sciolto in fiocchi	16	0,03	— in polvere	450	0,06
— compresso	96	0,057	Trachiti	2300	2,5
Lana animale (materassini)	136	0,033	Tufo	1550	0,54
				2270	1,44
Lana minerale:			Vermiculite		
— di roccia, scorie e vetro (sfusa in fiocchi)	100	0,032	— espansa sciolta	112+130	0,059
in materassini	150+175	0,033	— conglomerata con cemento	260	0,073
Laterizi:				337	0,081
— comuni				442	0,092
	esterni	2000		487	0,1
	interni	1800	Vetro monolitico incolore in lastra	2500	0,8
		2000	Vetro cellulare espanso	140	0,048
— da paramento		1800	Zinco	7100	95
		2100			

10.4.4 CALCOLO TERMICO DEGLI EDIFICI

T. 26 pacchetti energetici edifici

scheda semplificata di calcolo termico edifici - valore di conversione $1w = 0,860 \text{ kcal} > 1\text{kcal} = 1,1628 \text{ w}$

tetto ventilato				
descrizione materiali pacchetto termico	spessore S	lambda	resistenza termica R	kcal trasmittanza
isolante	0,23	0,03	7,67	
legno	0,03	0,18	0,14	
		totale	7,81	0,13
			K in wh °C mq	0,15

tetto verde				
descrizione materiali pacchetto termico	in metri	tab UNI	= S/L	termica K = 1/R
terreno	0,10	1,50	0,07	
perlite espansa	0,10	0,05	2,00	
pannello in legno	0,03	0,06	0,55	
sughero	0,15	0,03	5,00	
pannello in legno	0,02	0,06	0,36	
		totale	7,98	0,13
			K in wh °C mq	0,15

solette interne (muri perimetrali appartamento)				
descrizione materiali pacchetto termico	in metri	tab UNI	= S/L	termica K = 1/R
Doga in legno	0,01	0,30	0,03	
pannello fibra di legno	0,04	0,18	0,22	
assito in legno	0,02	0,18	0,11	
sughero granulare	0,04	0,03	1,33	
sughero	0,12	0,03	4,00	
assito in legno	0,03	0,18	0,17	
		totale	5,70	0,18
			K in wh °C mq	0,20

pareti esterne				
descrizione materiali pacchetto termico	in metri	tab UNI	= S/L	termica K = 1/R
Intonaco di calce e sabbia per esterno	0,02	0,75	0,03	
pannello in legno	0,03	0,18	0,17	
sughero	0,12	0,03	4,00	
pannello in legno	0,07	0,18	0,40	
sughero	0,10	0,03	3,33	
pannello in legno	0,03	0,18	0,17	
intonaco di gesso e perlite	0,02	0,20	0,10	
		totale	7,93	0,13
			K in wh °C mq	0,15

basamento verso terra o vespai o cantine (solaio verso le cantine)				
descrizione materiali pacchetto termico	in metri	tab UNI	= S/L	termica K = 1/R
doghe in legno	0,01	0,30		0,03
pannello fibra di legno	0,04	0,18		0,22
assito in legno	0,02	0,18		0,11
sughero espanso in granuli	0,06	0,03		2,00
sughero	0,15	0,03		5,00
assito in legno	0,03	0,18		0,17
massetto	0,10	0,80		0,13
magrone	0,07	1,30		0,05
		totale		7,71
				0,13
			K in wh °C mq	0,15

tetto balcone				
descrizione materiali pacchetto termico	in metri	tab UNI	= S/L	termica K = 1/R
piastrella	0,02	1,00		0,02
assito in legno	0,03	0,18		0,17
sughero	0,22	0,03		7,33
assito in legno	0,03	0,18		0,17
		totale		7,69
				0,13
			K in wh °C mq	0,15

10.4.5 CONSUMI ENERGETICI

T. 27 consumo energetico *Green building*

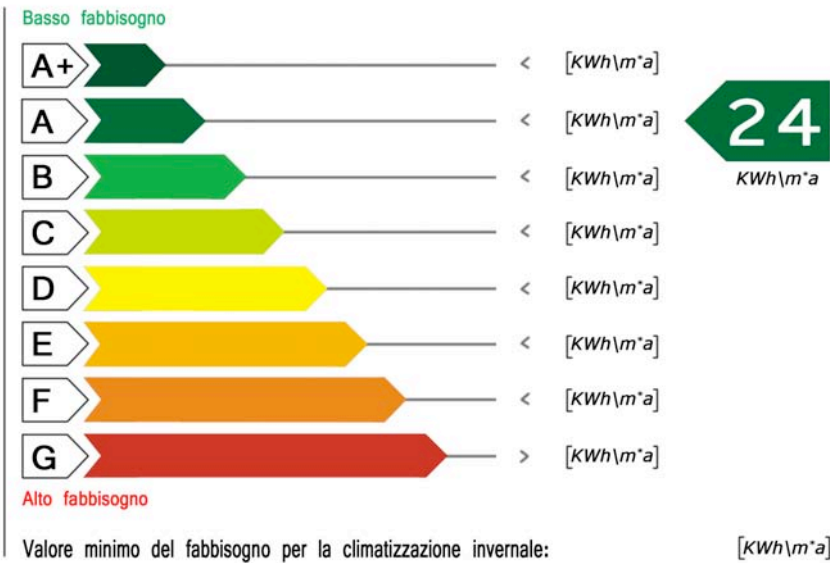
	A	B	C	D	E		°C	F		°C	G	H	
TIPO DI PACCHETTO	Coefficiente K di dispersione dei differenti pacchetti termici	Superficie esterna dei differenti tipi di pacchetti termici in mq	consumo in watt ora per °C delle superfici di cui al punto B	Consumo giorno in watt/h per °C delle superfici di cui al p. B	Consumo in kilowatt/h per °C delle superfici di cui al punto B Vedi legenda	Differenza temperatura interno / esterno max delta T in °C		consumo di picco al giorno Vedi legenda	Differenza temperatura interno esterno delta T medio in °C		Consumo medio al giorno		consumo stagionale
pareti esterne	0,15	3170	475,5	11412	11,412	25	285,30	15	171,18	30812,4			
tetto giardino	0,15	643,2	96,48	2315,52	2,3155	25	57,89	15	34,73	6251,904			
tetto	0,15	355	53,25	1278	1,278	25	31,95	15	19,17	3450,6			
basamento verso pilotis	0,15	73	10,95	262,8	0,2628	1	7	1,84	1	7	1,84	331,128	
basamento verso terra o vespai o cantine	0,15	875	131,25	3150	3,15	1	7	22,05	1	7	22,05	3969	
serramenti	1	850	850	20400	20,4	25	510,00	15	306,00	55080			
mq calpestabili riscaldati		4166											
CONSUMO DI PICCO AL GIORNO ESPRESSO IN KILOWATT								909,03					
CONSUMO MEDIO AL GIORNO ESPRESSO IN KILOWATT										554,97			
CONSUMO STAGIONALE ESPRESSO IN KILOWATT											99895,032		
CONSUMO INVERNALE IN KILOWATT PER METROQUADRATO												23,98	

LEGENDA

- (1) TEMPERATURA MEDIA DEL TERRENO SOTTO UN EDIFICIO 13 °C
- (2) TEMPERATURA MEDIA DEL TERRENO DI FIANCO A UN EDIFICIO RISCALDATO 10 °C
- (3) TEMPERATURA MEDIA DI UN AMBIENTE NON RISCALDATO COMPARETI IN MURATURA ADIACENTE AD UN AMBIENTE RISCALDATO 14 °C
- (4) TEMPERATURA DI UN AMBIENTE NON RISCALDATO COMPARETI IN VETRO ADIACENTE AD AMBIENTE RISCALDATO IN GIORNATE DI PIOGGIA
- (5) TEMPERATURA MEDIA DI UN AMBIENTE NON RISCALDATO COMPARETI IN VETRO ADIACENTE AD UN AMBIENTE RISCALDATO 16 °C

T. 28 classe energetica *Green building*

Classe energetica -EP_H



T. 29 consumo energetico *Blue building*

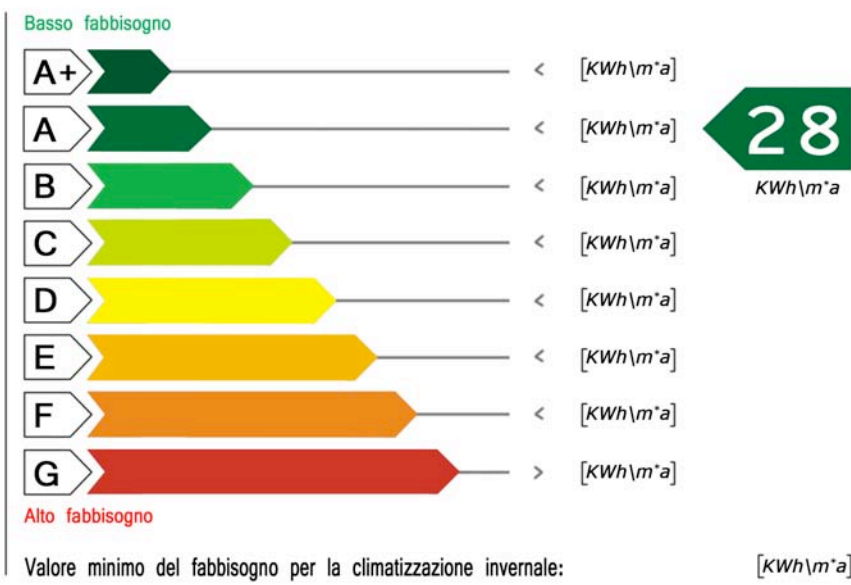
	A	B	C	D	E	°C	F	°C	G	H		
	Coefficiente K di dispersione dei differenti pacchetti termici	Superficie esterna dei differenti tipi di pacchetti termici in mq	consumo in watt ora per °C delle superfici di cui al punto B	Consumo giorno in watt/h per °C delle superfici di cui al p. B	Consumo in kilowatt/h per °C delle superfici di cui al punto B	Vedi legenda	Differenza temperatura interno / esterno max delta T in °C	consumo di picco al giorno	Vedi legenda	Differenza temperatura interno esterno delta T medio in °C	Consumo medio al giorno	consumo stagionale
TIPO DI PACCHETTO												
pareti esterne	0,15	3150	472,5	11340	11,340		25	283,50		15	170,10	30618
tetto	0,15	584,8	87,72	2105,28	2,1053		25	52,63		15	31,58	5684,26
basamento verso pilotis	0,15	234	35,1	842,4	0,8424	1	7	5,90	1	7	5,90	1061,42
basamento verso terra o vespai o cantine	0,15	378,4	56,76	1362,24	1,3622	1	7	9,54	1	7	9,54	1716,42
serramenti	1	604	604	14496	14,496		25	362,40		15	217,44	39139,2
mq calpestabili riscaldati	2714											
CONSUMO DI PICCO AL GIORNO ESPRESSO IN KILOWATT							713,96					
CONSUMO MEDIO AL GIORNO ESPRESSO IN KILOWATT									434,55			
CONSUMO STAGIONALE ESPRESSO IN KILOWATT											78219,3	
CONSUMO INVERNALE IN KILOWATT PER METROQUADRATO												28,82

LEGENDA

- (1) TEMPERATURA MEDIA DEL TERRENO SOTTO UN EDIFICIO 13 °C
- (2) TEMPERATURA MEDIA DEL TERRENO DI FIANCO A UN EDIFICIO RISCALDATO 10 °C
- (3) TEMPERATURA MEDIA DI UN AMBIENTE NON RISCALDATO COMPARETI IN MURATURA ADIACENTE AD UN AMBIENTE RISCALDATO 14 °C
- (4) TEMPERATURA DI UN AMBIENTE NON RISCALDATO COMPARETI IN VETRO ADIACENTE AD AMBIENTE RISCALDATO IN GIORNATE DI PIOGGIA
- (5) TEMPERATURA MEDIA DI UN AMBIENTE NON RISCALDATO COMPARETI IN VETRO ADIACENTE AD UN AMBIENTE RISCALDATO 16 °C

T. 30 classe energetica *Blue building*

Classe energetica -EP_H



10.5 SCHEDE MATERIALI DI PROGETTO



PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	EVOLUX.ECO
PORTATA:	480 KG (6 PERSONE)
DIMENSIONE VANO:	1600 X 1630 MM
DIMENSIONE CABINA:	950 X 1300 MM
VELOCITÀ MINIMA:	0,63 M/S
VELOCITÀ MASSIMA:	0,75 M/S
ALTEZZA CABINA:	2100 MM

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

LE BATTERIE VENGONO ALIMENTATE DA UN CARICA BATTERIE COLLEGATO ALLA RETE 220 V MONOFASE E ASSORBONO AL MASSIMO 2,5 AMPÈRE.

IL MOTORE VIENE ALIMENTATO DALLE BATTERIE SOLO DURANTE LA CORSA DELLA CABINA. DURANTE IL PERIODO DI STAZIONAMENTO, LE BATTERIE SI RICARICANO.

QUANDO IL MOVIMENTO DELLA CABINA È FAVOREVOLE AL CARICO PRESENTE (AD ES. VUOTA IN SALITA) IL MOTORE FUNZIONA COME UNA DINAMO: L'ENERGIA NON VIENE DISSIPATA MA ACCUMULATA NELLE BATTERIE CHE QUINDI SI RICARICANO.

L'ENERGIA ACCUMULATA DALLA BATTERIA È IN GRADO DI MANTENERE IN SERVIZIO L'IMPIANTO PERMETTENDO LA NORMALE SALITA E DISCESA DELLA CABINA CON PASSEGGERI A BORDO ANCHE IN CASO DI BLACK-OUT PROLUNGATO.

TENSIONE DI RETE:	220 V - MONOFASE
POTENZA IMPEGNATA:	0,5 KW

CONSUMO ENERGETICO ANNUO:

100.000 AVVIAMENTI ANNUI:	120 KWH
200.000 AVVIAMENTI ANNUI:	240 KWH

FUNZIONA CON QUALSIASI ENERGIA PROVENIENTE DA FONTI RINNOVABILI (IL SOLE, IL VENTO...). PER ALIMENTARE EVOLUX.ECO È SUFFICIENTE LA NORMALE RETE ELETTRICA A 220 V MONOFASE PRESENTE IN TUTTE LE ABITAZIONI.

UNA TECNOLOGIA CHE GRAZIE AD UN ARGANO GEARLESS DI ULTIMA GENERAZIONE E ALLE CINGHIE PIATTE, GARANTISCE COMFORT DI MARCIA.

UN INNOVATIVO E BREVETTATO SISTEMA DI CONTROLLO OTTIMIZZA I TEMPI DI PERCORRENZA E DI ATTESA ED OTTIENE SEMPRE IL MASSIMO DELLE PRESTAZIONI, VARIANDO LA VELOCITÀ IN FUNZIONE DEL CARICO PRESENTE IN CABINA.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

LA CABINA: NATA PER INCONTRARE LE ESIGENZE DI UN PUBBLICO SEMPRE PIÙ ATTENTO AI PARTICOLARI, CON UNA VASTA GAMMA DI FINITURE IN GRADO DI ARRICCHIRE OGNI DETTAGLIO ESTETICO. LE PORTE SONO AUTOMATICHE, A DUE ANTE TELESCOPICHE.

SONO EQUIPAGGiate CON SISTEMA DIGITALE DI CONTROLLO APERTURA E CHIUSURA A VELOCITÀ VARIABILE.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:	CEAM
LUOGO DI PRODUZIONE:	CALDERARA DI RENO (BO)
SITO:	WWW.CEAM.IT

ASCENSORE

ACCORGIMENTI





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	HIT-N240SE10
DIMENSIONI:	1580 X 798 MM
PESO/M ² :	11,9 KG/M ²
EFFICIENZA DELLA CELLA:	21.6%
EFFICIENZA DEL MODULO:	19.0%
POTENZA / M ² :	190 W/M ²

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

TEMPERATURA (NOCT) [°C]: 44.0

A TEMPERATURA NOCT (TEMPERATURA NOMINALE OPERATIVA DELLA CELLA):

POTENZA MASSIMA (P_{MAX}) [W]: 182
TENSIONE ALLA MASSIMA POTENZA (V_{MP}) [V]: 41,1
CORRENTE ALLA MASSIMA POTENZA (L_{MP}) [A]: 4,44

A BASSO IRRAGGIAMENTO:

POTENZA MASSIMA (P_{MAX}) [W]: 45,9
TENSIONE ALLA MASSIMA POTENZA (V_{MP}) [V]: 41,7
CORRENTE ALLA MASSIMA POTENZA (L_{MP}) [A]: 1,10

MATERIALI:

MATERIALE DELLA CELLA:	CELLE HIT DA 5 POLLICI
MATERIALE DEL VETRO:	VETRO TEMPERATO CON RIVESTIMENTO ANTRIFLESSO
MATERIALE DEL TELAIO:	ALLUMINIO NERO ANODIZZATO
MATERIALE DEL CONNETTORE:	MC3

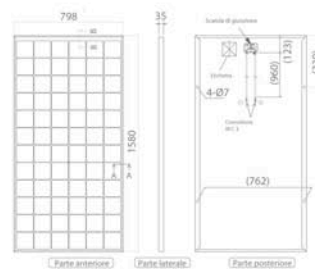
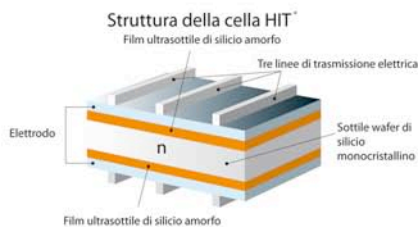
OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

LA TECNOLOGIA HIT (HETEROJUNCTION WITH INTRINSIC THIN LAYER) DELLE CELLE FOTOVOLTAICHE SANYO È BASATA SU UN SOTTILE WAFER DI SILICIO MONOCRISTALLINO CIRCONDATO DA UN FILM DI SILICIO AMORFO ULTRASOTTILE.

HIT È IN GRADO DI GENERARE A PARITÀ DI SUPERFICIE PIÙ ENERGIA PULITA RISPETTO A CELLE SOLARI CRISTALLINE CONVENZIONALI.

I MODULI FOTOVOLTAICI HIT SANYO SONO AL 100% ESENTI DA EMISSIONI, NON HANNO PARTI IN MOVIMENTO E NON PRODUCONO ALCUN RUMORE. LE DIMENSIONI DEI MODULI HIT PERMETTONO DI OCCUPARE MINOR SPAZIO PER L'INSTALLAZIONE E ASSICURANO IL RAGGIUNGIMENTO DELLA MASSIMA POTENZA POSSIBILE PER UNITÀ DI SUPERFICIE.

ALLE ALTE TEMPERATURE LA CELLE FOTOVOLTAICHE HIT SONO IN GRADO DI MANTENERE UNA EFFICIENZA PIÙ ELEVATA DELLE CELLE SOLARI CONVENZIONALI AL SILICIO CRISTALLINO.



PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE: SANYO
LUOGO DI PRODUZIONE: LEGNANO (MI)
SITO: WWW.SANYO-SOLAR.EU

ACCORGIMENTI

PANNELLO FOTOVOLTAICO





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	MIELE W 58 - 41
CAPACITÀ DI CARICO:	1-7 KG
VELOCITÀ CENTRIFUGA:	400 - 1600 GIRI/MIN
CLASSE DI EFFICIENZA ENERGETICA:	A ***

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

IL MODELLO MIELE W 58 - 41 HA UNA DOPPIA TUBATURA D'INGRESSO DELL'ACQUA. IL PRIMO LAVAGGIO VIENE FATTO CON ACQUA PIOVANA, MENTRE PER I SUCCESSIVI UTILIZZA LA NORMALE ACQUA POTABILE. QUESTO TIPO DI LAVATRICE NON VIENE PRODOTTA IN ITALIA MA SOLO IN PAESI COME LA SVIZZERA E LA GERMANIA, OVVERO PAESI CHE PRESTANO MOLTA ATTENZIONE AL RECUPERO E AL RICICLO DELLE ACQUE METEORICHE.

PRODUZIONE:
CASA PRODUTTRICE: MIELE
SITO: WWW.MIELE.DE

LAVATRICE

ACCORGIMENTI





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	PANNELLO NEST FIBRA DI LEGNO
DIMENSIONI:	1.200 X 600 X 40 MM
SPESSORE ISOLANTE:	23 MM
SPESSORE RILIEVI:	17 MM
RESISTENZA TERMICA PANNELLO:	0,047 W/MK
REAZIONE AL FUOCO:	EUROCLASSE E
RESISTENZA A COMPRESSIONE:	150 KPA
RESISTENZA ALLA TEMPERATURA:	250 °C

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

SISTEMA IDONEO PER LA SOLA REALIZZAZIONE DI SISTEMI DI RISCALDAMENTO E COMPOSTO DA DUE TIPI DI PANNELLI :

- PANNELLO PRESAGOMATO PER LA POSA DEL TUBO SECONDO DUE ASSI E LA REALIZZAZIONE DI CURVE A 90°;
- PANNELLO DI TESTA CHE SERVE DI GUIDA PER LA CURVATURA DEL TUBO, E CONSENTE DI AGEVOLARE L'OPERAZIONE DI FAR GIRARE IL TUBO A 90° E A 180°.

QUESTO PANNELLO È APPLICABILE SIA DI TESTA CHE LATERALMENTE.

I PANNELLI PRESAGOMATI, PER LA REALIZZAZIONE DI SISTEMI RADIANTI A PAVIMENTO, SONO COMPOSTI DA UNA LASTRA DI ALLUMINIO DELLO SPESSORE DI 0,3 MM, ACCOPPIATA, PER INCASTRO, A UNA LASTRA ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO, AVENTE INCASTRI PER LA POSA DI TUBAZIONE DI DIAMETRO ESTERNO 17 MM, E DI DIMENSIONI UTILI IN PIANTA DI 1200 X 600 MM.

L'IMPIEGO DELL'ALLUMINIO HA RENDIMENTI SUPERIORI E DÀ UNA PIÙ UNIFORME DISTRIBUZIONE DEL CALORE.

LA LASTRA IN FIBRA DI LEGNO È CERTIFICATA CE PER L'ISOLAMENTO TERMO-ACUSTICO; È AD ALTA DENSITÀ CON ALTA RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE. IL PANNELLO IN FIBRA DI LEGNO È UN MATERIALE IMPAREGGIABILE ED ECOLOGICO, DERIVANTE DA MATERIE PRIME RINNOVABILI, UTILIZZABILE ANCHE IN BIOARCHITETTURA PER L'UNICITÀ E LA STABILITÀ DELLE SUE CARATTERISTICHE TERMICHE.

PANNELLO CON CERTIFICAZIONE UNI EN 13171, OMOLOGATO DIBT ISTITUTO TEDESCO PER LA TECNICA DELLE COSTRUZIONI] Z-33.15-1429

PASSO MINIMO 150 MM.

DENSITÀ 210 KG/M3.

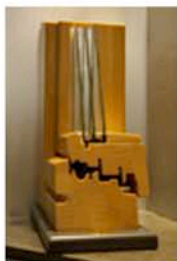
PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE: NEST
LUOGO DI PRODUZIONE: VEDELAGO (TV)
SITO: WWW.NESTITALIA.COM

PANNELLO RADIANTI

ACCORGIMENTI





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	TERMA
DIMENSIONI:	VARIE
TRASMITANZA TERMICA:	0.83 W/MQK
PACCHETO VETRO:	4/10/4/10/4 MM
POTERE FONOISOLANTE:	RW DA 35 A 44 DB
MATERIALE:	PINO LAMELLARE/VETRO/ARGON
COLORE:	MIELE

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

PROGETTATE CON:

- TELAIO MAESTRO DI SEZIONE NOMINALE LEGNO MM. 85 X 105 CON GUARNIZIONE ANTISPIFFERO INCASSATA.
- ANTA DI SEZIONE NOMINALE LEGNO MM. 85 X 105 CON FERMAVETRO INTERNO E BATTUTE PERIMETRALI QUADRUPLE, CON DOPPIA GUARNIZIONI ANTISPIFFERO INCASTRATA.
- PROFILO INFERIORE IN LEGNO SEZIONE MM. 85 X 105, GUARNIZIONE INCASTRATA, GOCCIOLATOIO E FORI DI DEFLUSSO RICAVATI.
- FERRAMENTA A NASTRO GRETSCH-UNITAS.
- MARTELLINA D.K. HOPPE IN ALLUMINIO ANODIZZATO BRONZO.
- SISTEMA DI APERTURA CON CERNIERE ANGOLARI INCASSATE.
- FINESTRE COMPLETE DI VETRO 4BE/10ARGON/4/10ARGON/4BE CON TRATTAMENTO BASSO EMISSIVO SULLE DUE LASTRE ESTERNE E GAS ARGON NELLE INTERCAPEDINI (UG=0.8 W/M² K).
- PORTEFINESTRE CON DOPPIO TRAVERSO INFERIORE SENZA INTERMEDIO E VETRO DI SICUREZZA 33.1BE/10ARGON/4/10ARGON/33.1BE (UG=0.8 W/M² K).

LA VERNICIATURA È COMPOSTA DA RESINE IDROSOLUBILI A BASSO IMPATTO AMBIENTALE CON PROCESSO AD ALTA RESISTENZA CON QUATTRO DIVERSE E SUCCESSIVE APPLICAZIONI.

IL PROFILO DI COLLEGAMENTO ANTA-TELAIO DELLA FINESTRA È CARATTERIZZATO, GIÀ IN PRIMA BATTUTA ESTERNA, DA UN ANDAMENTO AD "S" CHE, RIPRENDE UN ANTICO CONCETTO DI FALEGNAMERIA, COSTITUISCE UNA VERA E PROPRIA "GUARNIZIONE STRUTTURALE" CHE SMORZA SIA L'ARIA CHE LE ONDE SONORE.

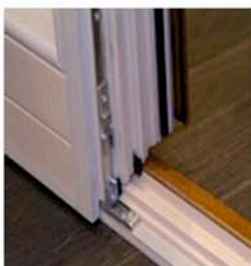
LE FINESTRE PRESENTANO UN GOCCIOLATOIO COMPLETAMENTE IN LEGNO CON GRANDE PORTATA DI DEFLUSSO VERSO L'ESTERNO DELL'ACQUA.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

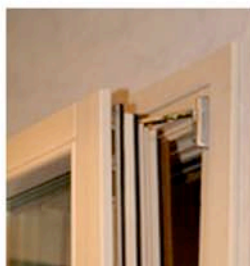
TUTTE LE PRESTAZIONI SONO CERTIFICATE IN CONFORMITÀ ALLA NORMA UNI EN 14351-1:2006 SULLA MARCATURA CE DERIVANTE DALLA DIRETTIVA EUROPEA 89/106/CEE SUI PRODOTTI DA COSTRUZIONE RECEPITI DALLO STATO ITALIANO CON DPR 21 APRILE 1993, N. 246.



VETRATA A DOPPIA CAMERA



SOGLIA RIBASSATA



APERTURA A RIBALTA

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:

LUOGO DI PRODUZIONE:

SITO:

ICIF SOCIETÀ COOPERATIVA

FELIZZANO (AL)

WWW.SFERA-GROUP.IT

FINESTRE E PORTAFINESTRE IN LEGNO

INFISSI E SERRAMENTI





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

DIMENSIONI:	5X90X210 CM
TRASMITTANZA TERMICA:	1,5 W/MQK
POTERE FONOISOLANTE:	RW DA 35 A 44 DB
MATERIALE:	ALLUMINIO / PINO LAMELLARE
COLORE:	MIELE

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

PORTONCINO PROGETTATO CON:

- TELAIO MAESTRO DI SEZIONE MM. 67 X 61 IN LEGNO MASSELLO (MM. 85 X 61 PER TIPO "ZETA") + SPESSORE RIVESTIMENTO ALLUMINIO MM. 19,5.
 - ANTE DI SEZIONE NOMINALE LEGNO MASSELLO MM. 110 X 67 + SPESSORE RIVESTIMENTO ALLUMINIO MM. 23 (TOTALE SPESSORE MM. 90).
 - SOGLIA RIBASSATA IN ALLUMINIO PER BATTUTA INFERIORE.
 - TRIPLA GUARNIZIONE (DUE SU ANTA + UNA SU TELAIO)
 - SISTEMA DI CHIUSURA COSTITUITO DA UNA SERRATURA DI SICUREZZA A NASTRO CON SCROCCO, MANDATA, NOTTOLINI CON CILINDRO EUROPEO - "SICURTOP" (AGB).
 - MANIGLIONE ESTERNO O POMOLO FISSO Ø65; MEZZA MANIGLIA INTERNA.
 - SISTEMA DI APERTURA CON CERNIERE ANUBA A DOPPIO GAMBO CON TRIPLICE REGOLAZIONE COMPLETE DI COPERTURA.
 - COPRIFFILI SU TRE LATI FACCIATA INTERNA DI SEZIONE MM. 46 X 14 O MM. 25 X 10.
 - FISSAGGIO PER POSA IN OPERA A MEZZO RAPID-BLOCK INCASSATI SU TELAIO IN LEGNO.
- ANTA CON STRUTTURA A SEZIONE UNICA SUI QUATTRO LATI CON INSERITO PANNELLO ESTERNO SAGOMATO NEI PROSPETTI DISPONIBILI RIVESTITO IN LAMIERA DI ALLUMINIO E PANNELLO INTERNO IN MULTISTRATO; VERNICIATURA COME STRUTTURA E A FACCIATA LISCIA.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

I PRODOTTI SONO CONFORMI A QUANTO STABILITO DALLA DIRETTIVA EUROPEA 89/106/CEE SUI PRODOTTI DA COSTRUZIONE, RECEPITA DALLO STATO CON DPR 21 APRILE 1993, N.246. LA I.C.I.F DICHIARA INOLTRE CHE I PRODOTTI : FINESTRE E PORTE PEDONALI HANNO CARATTERISTICHE ATTESTATE SECONDO LA NORMA EUROPEA : EN 14351-1 : 2006.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:

LUOGO DI PRODUZIONE:

SITO:

ICIF SOCIETÀ COOPERATIVA

FELIZZANO (AL)

WWW.SFERA-GROUP.IT

PORTA D'INGRESSO IN LEGNO/ALLUMINIO

INFISSI E SERRAMENTI





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME: IGLÙ
DIMENSIONI: 50 X 50 X 16-20-27-35-40-45-55 CM

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

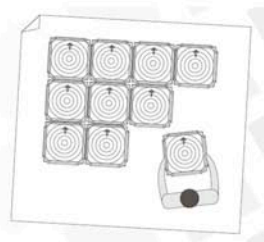
E' UN SISTEMA INNOVATIVO PER LA CREAZIONE DI INTERCAPEDINI IN GENERE, VESPAI E PAVIMENTI AERATI NELLE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI CIVILI ED INDUSTRIALI. LE CASSEFORME MODULARI IGLU' VENGONO POSATE AD INCASTRO E CONSENTONO LA RAPIDA REALIZZAZIONE DI UNA PIATTAFORMA PEDONABILE SOPRA CUI VIENE ESEGUITA LA GETTATA DI CALCESTRUZZO. LA VELOCITÀ E LA SEMPLICITÀ SONO LE CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL SISTEMA. QUESTO TIPO DI INTERCAPEDINE È INFATTI REALIZZATO SENZA L'UTILIZZO DI MATERIALI COMPOSITI MA SOLO CON IL CASSERO IGLU' E CALCESTRUZZO. L'INTERCAPEDINE CONSENTE L'INSERIMENTO E LA DISTRIBUZIONE DELLE RETI TECNOLOGICHE (SCARICHI DELLE ACQUE, ELETTRICHE, TELEFONICHE, IDRICHE, TERMICHE, ECC.), SENZA ANNEGARLE NEL SOTTOFONDO DI BASE DELLA PAVIMENTAZIONE, CON LA POSSIBILITÀ DI ISPEZIONARLE ED INTEGRARLE CON ALTRI IMPIANTI CHE SI RENDESSERO NECESSARI NEL TEMPO. INOLTRE L'IGLU' COSTITUISCE UN VUOTO SANITARIO CON ADEGUATA BARRIERA AL VAPORE PER IL PAVIMENTO E SE OPPORTUNAMENTE AERATO ATTRAVERSO TUBAZIONI COLLEGATE CON L'ESTERNO, UN VEICOLO PER LO SMALTIMENTO DEL GAS RADON PRESENTE NEL TERRENO.

L'IGLÙ È UN PRODOTTO SEMPLICISSIMO DA POSARE GRAZIE ALLE GOLE SAGOMATE AD INCASTRO MASCHIO FEMINA: È SUFFICIENTE POSIZIONARLI PER RIGHE ORIZZONTALI DA SINISTRA A DESTRA.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

VANTAGGI:

- FACILITÀ DI POSA PER LA LEGGEREZZA E LA SEMPLICITÀ DI INCASTRO DEGLI ELEMENTI.
- PEDONABILITÀ DURANTE LA FASE DI LAVORO.
- ADATTAMENTO PER I VANI FUORI SQUADRA CON IL TAGLIO DEGLI ELEMENTI SENZA PUNTEL-LARE.
- PASSAGGIO DEGLI IMPIANTI SOTTO IL PAVIMENTO IN TUTTE LE DIREZIONI ORTOGONALI ED OBLIQUE.



PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:
LUOGO DI PRODUZIONE:
SITO:

DALIFORM GROUP S.R.L.
GORGO AL MONTICANO (TV)
WWW.DALIFORM.COM

ISOLANTI

IGLÙ





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	IGROPERLITE
DIMENSIONI:	70 X 130 CM
SPESSORE:	10 CM
RESISTENZA ALLA TRAZIONE LONGITUDINALE:	>5 KN/M
RESISTENZA ALLA TRAZIONE TRASVERSALE:	>4 KN/M
ALUNGAMENTO A TRAZIONE:	> 45 %
PERMEABILITÀ:	13×10^{-1} M/S
CONDUCIBILITÀ TERMICA:	0,05 W/MK

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

I MATERASSINI IGROPERLITE ESPLETANO LE SEGUENTI FUNZIONI:

- ACCUMULANO L'UMIDITÀ PROVENIENTE DALLE PRECIPITAZIONI METEOROLOGICHE E DALL'IRRIGAZIONE, SENZA RISTAGNI DI ACQUA;
- CEDONO GRADUALMENTE AL SUBSTRATO COLTURALE SOVRASTANTE L'UMIDITÀ ACCUMULATA PER DIFFUSIONE E PER CAPILLARITÀ;
- FAVORISCONO IL DRENAGGIO DELLE ACQUE PROVENIENTI DALL'ALTO;
- EVITANO LA CREAZIONE DI RISTAGNI;
- RIDUCONO LO SMALTIMENTO DI ACQUE DI IRRIGAZIONE E METEORICHE NELLE FOGNATURE;
- FUNGONO DA ACCUMULO E DA FILTRO PER LE SOSTANZE NUTRITIVE (CONCIMI);
- GRAZIE ALLA INCOMBUSTIBILITÀ DELLA PERLITE ESPANSA (EUROCLASSE A1), COSTITUISCONO UN'EFFICACE BARRIERA ANTIFUOCO;
- MANTENGONO UN EFFETTO TERMOREGOLATORE SIA PER LE COSTRUZIONI SIA PER LA VEGETAZIONE.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

È UN MATERIALE NATURALE DI SICURA VOCAZIONE BIO-ARCHITETTONICA, CERTIFICATO DA ANAB-ICEA, COMPLETAMENTE IMPUTRESCIBILE, INERTE, FORTEMENTE TERMOISOLANTE E CHIMICAMENTE NEUTRO.

LA PERLITE CRUDA È UNA VARIETÀ SPECIFICA DI ROCCIA VULCANICA EFFUSIVA, COMPRESA NELLA GAMMA DELLE RIOLITI E DELLE DACITI, CHE POSSIEDE L'ECCEZIONALE PROPRIETÀ DI ESPANDERSI IN MODO IRREVERSIBILE FINO A 20 VOLTE RISPETTO AL SUO VOLUME ORIGINARIO SE PORTATA AD ELEVATE TEMPERATURE.

LA PERLITE CRUDA CONTIENE ACQUA FISSATA CHIMICAMENTE (TRA IL 2 E IL 6%) IMPRIGIONATA NELLA ROCCIA A CAUSA DEL RAPIDO RAFFREDDAMENTO DEL MAGMA GIUNTO IN SUPERFICIE.

SOTTO L'EFFETTO DELLE ELEVATE TEMPERATURE (TRA GLI 850 E I 1.000°C) RAGGIUNTE A CONTATTO DI UNA FIAMMA NEL FORNO DI ESPANSIONE, L'ACQUA CONTENUTA NEL GRANULO SI DISSOCIA E SI TRASFORMA IN VAPORE ACQUEO GONFIANDO LE PARETI VETROSE CIRCOSTANTI E PROVOCANDO IL CARATTERISTICO AUMENTO DI VOLUME DEL GRANULO STESSO.

TALE PROCESSO IRREVERSIBILE DETERMINA LA FORMAZIONE DI MICROCAVITÀ CHE CONFERISCONO ALLA PERLITE LA CAPACITÀ DI RITENZIONE IDRICA, DI DRENAGGIO E DI SCAMBI GASSOSI CONTINUI E LA FORMAZIONE DI MICROCELLE CHIUSE E STAGNE CHE NON VENGONO INTERESSATE DA SCAMBI IDRICI E CONFERISCONO ALLA PERLITE LA SUA FUNZIONE TERMOISOLANTE.

LA STRUTTURA FISICO-CHIMICA, L'INALTERABILITÀ NEL TEMPO, L'ELEVATO ACCUMULO IDRICO, LA DISIDRATAZIONE REVERSIBILE, L'ISOLAMENTO DA REPENTINI SBALZI E DA ECCESSI TERMICI, L'OTTIMO DRENAGGIO ED OSSIGENAZIONE RENDONO LA PERLITE ESPANSA PARTICOLARMENTE IDONEA PER L'IMPIEGO SIA IN COPERTURE A VERDE PENSILE SIA SU SUOLO.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:	PERLITE ITALIANA S.R.L.
LUOGO DI PRODUZIONE:	CORSICO (MI)
SITO:	WWW.PERLITE.IT

ISOLANTI

PERLITE ESPANSA





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	CORKGRAN TOSTATO
GRANULOMETRIA:	3/5 - 3/15 MM
CONDUCIBILITÀ TERMICA:	$\Lambda = 0,045 \text{ W/M}^2\text{K}$
DENSITÀ:	65/75 KG/M ³
RIDUZIONE DEL RUMORE AL CALPESTIO:	L = 35dB

INFORMAZIONI TECNICO-DESCRITTIVE:

IL SUGHERO GRANULATO È OTTENUTO DALLA MACINAZIONE DELLO SFRIDO DI LAVORAZIONE DEL PANNELLO CORKPAN. VIENE STESO O POSATO SCIOLTO SULLA SUPERFICIE DA PROTEGGERE TERMICAMENTE. IN ESSO VENGONO INSERITI GLI IMPIANTI.



PRODUZIONE:
CASA PRODUTTRICE: TECNOSUGHERI S.R.L.
LUOGO DI PRODUZIONE: PADERNO DUGNANO (MI)
SITO: WWW.TECNOSUGHERI.IT

ISOLANTE TERMO-ACUSTICO IN SUGHERO GRANULATO



ISOLANTI



PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	CORKPAN
DIMENSIONI:	50X100X17 CM
CONDUCIBILITÀ TERMICA:	$\Lambda = 0,036 \text{ W/M } ^\circ\text{K}$
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE	DA 0,2 A 0,25 KG/CM2
RESISTENZA DIFFUSIONE VAPORE ACQUEO	M = 5-30
REAZIONE AL FUOCO	EUROCLASSE E
CALORE SPECIFICO	1900 J/ KG °K
PUTRESCIBILITÀ	NULLA

INFORMAZIONI TECNICO-DESCRITTIVE:

IL PANNELLO IN SUGHERO ESPANSO AUTOCOLLATO PURO CORKPAN È UN PRODOTTO DI SUGHERO NATURALE CHE HA SUBITO UN PROCESSO TERMICO DI TOSTATURA. QUESTA OPERAZIONE COMPORTA LA FUSIONE DI VARIE SOSTANZE CEROSE NELLA STRUTTURA CELLULARE DEL SUGHERO CHE AGISCONO DA COLLANTE NATURALE PER AGGREGARE I DIVERSI GRANULI.

IL PROCESSO DI TOSTATURA CONTRARIAMENTE A QUANTO ERRONEAMENTE SI PENSA, NON ALTERA LE CARATTERISTICHE DEL SUGHERO ANZI, LE MIGLIORA, INFATTI DETERMINA UN RIGONFIAMENTO DEL GRANULO E QUINDI UN MIGLIORAMENTO DELLE CARATTERISTICHE DI COIBENZA. LA COLORAZIONE BRUNA DEL PRODOTTO NON È DOVUTA AD UNA ALTERAZIONE DEL SUGHERO NATURALE MA SOLO AD UNA COTTURA DEL PRODOTTO.

LA CAPACITÀ TERMICA È IL REQUISITO ESSENZIALE NELL'ISOLAMENTO ESTIVO, DOVE LA CAPACITÀ DI ASSORBIRE CALORE MANTENENDO INALTERATA LA PROPRIA TEMPERATURA INTERNA È PRIORITARIA PER AVERE UN COMFORT ACCETTABILE. NELL'INTERVALLO DI 9 ORE DI IRRAGGIAMENTO CONTINUO CORKPAN MANTIENE LA TEMPERATURA INTERNA COSTANTE E OFFRE UNA MAGGIORE RESISTENZA AL FLUSSO TERMICO, DURANTE LA STAGIONE ESTIVA.

CORKPAN È IN GRADO, A PARITÀ DI SPESSORE CON ALTRI MATERIALI, DI GARANTIRE IL PIÙ ELEVATO GRADO DI SFASAMENTO DELL'ONDA TERMICA, RAGGIUNGENDO COSÌ IL MASSIMO BENESSERE ABITATIVO.

- PROVA CHIMICA ASSENZA DI LEGANTI
- MARCHIO CE
- CERTIFICATO ICEA / ANAB



PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE: TECNOSUGHERI S.R.L.
LUOGO DI PRODUZIONE: PADERNO DUGNANO (MI)
SITO: WWW.TECNOSUGHERI.IT

ISOLANTE TERMO-ACUSTICO IN SUGHERO



ISOLANTI



PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	POLYVAP
DIMENSIONI:	1 X 10 M
SPESSORE:	3 MM
REAZIONE AL FUOCO:	F
RESISTENZA ALLA TRAZIONE TRASVERSALE:	200 N/50 MM
RESISTENZA ALLA TRAZIONE LONGITUDINALE:	500 N/50 MM
RESISTENZA ALL'URTO:	> 600 MM

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

POLYVAP RADONSHIELD È UNA MEMBRANA ELASTOPLASTOMERICA IMPERMEABILE, PREFABBRICATA, REALIZZATA PER APPLICAZIONI SPECIALI (COME BARRIERA AL VAPORE ED AL GAS RADON). IL COMPOUND È A BASE DI BITUME DISTILLATO MODIFICATO CON POLIPROPILENE E L'ARMATURA È COSTITUITA DA UNA LAMINA DI ALLUMINIO DI SPESSORE 6/100 ACCOPPIATA CON UN VELO DI VETRO RINFORZATO. IL PARTICOLARE COMPOUND ASSICURA ALLA MEMBRANA RILEVANTI CARATTERISTICHE DI FLESSIBILITÀ ALLE BASSE TEMPERATURE.

POLYVAP RADONSHIELD VIENE APPLICATA IN PARTICOLAR MODO, IN QUELLE SITUAZIONI CHE PRESENTANO ELEVATI VALORI DI UMIDITÀ RELATIVA. PRINCIPALMENTE, IL SUO IMPIEGO È INDICATO SOTTO GLI STRATI DI MATERIALI COIBENTI AL FINE DI PRESERVARE LA LORO DURATA NEL TEMPO. COME BARRIERA AL GAS RADON, POLYVAP RADONSHIELD PUÒ ESSERE APPLICATA SULLE FONDAZIONI O SUI MURI CONTRO TERRA.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

POLYVAP RADONSHIELD PUÒ ESSERE PRODOTTA CON LA SUPERFICIE SUPERIORE RICOPERTA CON TALCO, O SABBIA, O DA UN TESSUTO NON TESSUTO LEGGERO DI POLIPROPILENE, E CON QUELLA INFERIORE PROTETTA E RIVESTITA CON UNO SPECIALE FILM DI POLIETILENE ANTIADESIVO DA SFIAMMARE DURANTE L'APPLICAZIONE.

LE SUPERFICI DA IMPERMEABILIZZARE DEVONO ESSERE ASCIUTTE, PULITE E SUFFICIENTEMENTE LISCE E LIVELLATE; L'APPLICAZIONE IN TOTALE ADERENZA, AVVIENE A FIAMMA LEGGERA DI GAS PROPANO. LA POSA IN OPERA È RAPIDA ED AGEVOLE.

SI CONSIGLIA, L'APPLICAZIONE DEL PRIMER BITUMINOSO COME PROMOTORE DI ADESIONE SE LA MEMBRANA VIENE APPLICATA SU SUPPORTO CEMENTIZIO.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:	POLYGLASS SPA
LUOGO DI PRODUZIONE:	PONTE DI PLAVE (TV)
SITO:	WWW.POLYGLASS.COM

BARRIERA AL VAPORE

MEMBRANE





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME: BIOSTUOIA BIOMAC
DIMENSIONI: 25 X 2 M

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

LE BIOSTUOIE DELLA GAMMA BIOMAC SONO COSTITUITE DA UNO STRATO DI MATERIALE NATURALE BIODEGRADABILE (PAGLIA, COCCO E SU RICHIESTA ANCHE EVENTUALI ALTRI MATERIALI) SCIOLTO CONFINATO DAI DUE LATI MEDIANTE DUE RETINE IN POLIPROPILENE FOTODECOMPONIBILI. TRA LO STRATO DI MATERIALE NATURALE E UNA RETINA VIENE SOLITAMENTE INTERPOSTO UN SOTTILE STRATO DI CELLULOSA AVENTE LA DUPLICE FUNZIONE DI RITENTORE DEI SEMI E DI STRATO IGROSCOPICO. SU SPECIFICA RICHIESTA È TALVOLTA POSSIBILE EFFETTUARE UNA PRESEMINA DELLA BIOSTUOIA STESSA DIRETTAMENTE IN FABBRICA CON SPECIFICHE SEMENTI. LE BIOSTUOIE DELLA FAMIGLIE BIOMAC SONO STATE SVILUPPATE CON SPECIFICA FUNZIONE ANTIEROSIVA PER UTILIZZI TRANSITORI E CIOÈ A BREVE-MEDIO TERMINE; LA LORO FUNZIONE È QUELLA DI RIVESTIRE IL TERRENO NUDO (SITUAZIONE STANDARD DI SCARPATE O ARGINI APPENA RIMODELLATI O COMUNQUE RIPULITI DALLA COPERTURA VEGETALE NATURALE) EVITANDO L'EROSIONE DEL SUOLO DA PARTE DEGLI AGENTI ATMOSFERICI ESTERNI (PIOGGIA, VENTO, ACQUE DI SCOLO ETC) FAVORENDO, AL CONTEMPO, IL CRESCERE E L'IMPIANTARSI DI UNA VEGETAZIONE SPONTANEA.

LA FUNZIONE DELLE BIOSTUOIE BIOMAC È PERTANTO VOLUTAMENTE TEMPORANEA E LIMITATA NEL TEMPO; IL TEMPO DI BIODEGRADAZIONE DELLA BIOSTUOIA E LA SUA USURA SONO LEGATI A VARI FATTORI QUALI:

- L'INTENSITÀ DELL'AGGRESSIONE AMBIENTALE ESTERNA (IRRAGGIAMENTO SOLARE, PRESENZA DI ACQUE RUSCELLANTI, UMIDITÀ ETC);
- LA TIPOLOGIA DELLE FIBRE NATURALI IMPIEGATE (AD ES. LA PAGLIA RISULTA MENO RESISTENTE DELLE FIBRE DI COCCO).

LE BIOSTUOIE BIOMAC SVOLGONO UN'AZIONE BENEFICA E PROTETTIVA DEL SUOLO SVOLGENDO VARIE IMPORTANTI AZIONI:

- PROTEZIONE DEL SUOLO NON VEGETATO;
- PROTEZIONE DELLE SEMENTI (TALVOLTA APPLICATE PRIMA DELLA POSA, TALVOLTA DOPO MAGARI MEDIANTE UN'APPLICAZIONE AD IDROSEMINA SEMPLICE O POTENZIATA) DA FENOMENI DI DILAVAMENTO;
- REALIZZAZIONE DI UN'HABITAT UMIDO PARTICOLARMENTE FAVOREVOLE GRAZIE ALLE LORO PROPRIETÀ IGROSCOPICHE E ALLA FUNZIONE "OMBREGGIANTE" SVOLTA SUI TERRENI SU CUI SONO STATE APPLICATE;
- RISERVA DI MATERIALE ORGANICO CONCIMANTE PROGRESSIVAMENTE RILASCIATO NEL SUOLO MAN MANO CHE I PROCESSI DECOMPOSITIVI SI SVILUPPANO.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

CIASCUN ROTOLO RISULTA AVVOLTO DA UN FILM DI POLIETILENE TRASPARENTE; TALE PROTEZIONE NON DOVREBBE ESSERE RIMOSSA SINO ALL'IMPIEGO DEL MATERIALE.

IL TERRENO DI POSA DEL MATERIALE DEVE RISULTARE PIANO E PRIVO DI RADICI, MASSI ED ONDULAZIONI. PRIMA DELLA STESA DELLA GEOSTUOIA SI PUÒ PROVVEDERE AD UNA SEMINA A MANO DELLA SUPERFICIE DI POSA. PERCHÉ QUEST'OPERAZIONE SIA EFFICACE LA SUPERFICIE ESTERNA DOVRÀ ESSERE SCIOLTA IN MODO DA ACCOGLIERE ED ALLOGGIARE IL SEME.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE: OFFICINE MACCAFERRI SPA
LUOGO DI PRODUZIONE: ZOLA PREDOSA (BO)
SITO: WWW.MACCAFERRI.COM





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	DRENALIT F130
DIMENSIONI:	3 X 150 M
SPESSORE:	0.7 MM
MASSA AREICA:	130 G/M ²
RESISTENZA ALLA TRAZIONE TRASVERSALE:	10 KN/M
RESISTENZA ALLA TRAZIONE LONGITUDINALE:	8.4 KN/M
PERMEABILITÀ VERTICALE:	9 X 10 ⁻² M/SEC
RESISTENZA ALL'OSSIDAZIONE:	< 80%
RESISTENZA AGLI AGENTI MICROBIOLOGICI:	< 80%

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

FELTRO GEOTESSILE NON TESSUTO AD ALTA TENACITÀ, 100% PROLIPROPILENE CALANDRATO, UTILIZZATO PER REALIZZARE L'ELEMENTO DI FILTRAZIONE NELLE COPERTURE A VERDE PENSI-LE.

L'UTILIZZO DI DRENALIT F 130 EVITA IL PASSAGGIO DI PARTICELLE FINI DAL SUBSTRATO COLTU-RALE VERSO L'ELEMENTO DI DRENAGGIO E DI ACCUMULO IDRICO.

RISPONDE AI REQUISITI PRESTAZIONALI STABILITI NELLA NORMA UNI 11235.

LA POSA IN OPERA AVVIENE PER SEMPLICE APPOGGIO SOPRA L'ELEMENTO DI ACCUMULO IDRICO IGROPERLITE®, PRIMA DELLA POSA DELLO STRATO CULTURALE AGRITERRAM®, SORMONTANDO I BORDI DI 10-15 CM. I TELI VENGONO RISVOLTATI CONTRO MURI PERIMETRALI, SUPPORTI DI LUCERNARI ED ALTRI ELEMENTI VERTICALI, SINO A SUPERARE LA QUOTA FINITA DEL SUBSTRATO CULTURALE.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:	PERLITE ITALIANA S.R.L.
LUOGO DI PRODUZIONE:	CORSICO (MI)
SITO:	WWW.PERLITE.IT

MEMBRANE

FELTRO GEOTESILE NON TESSUTO





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	POLYFLEX HP
DIMENSIONI:	1 X 10 M
SPESSORE:	4 MM
REAZIONE AL FUOCO:	F
RESISTENZA ALLA TRAZIONE TRASVERSALE:	1000 N/50 MM
RESISTENZA ALLA TRAZIONE LONGITUDINALE:	1200 N/50 MM
RESISTENZA ALL'URTO:	≥1750 MM
RESISTENZA AL CARICO:	≥25 KG

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

POLYFLEX HP SONO MEMBRANE PLASTOMERICHE IMPERMEABILI, PREFABBRICATE, DALLE PARTICOLARI CARATTERISTICHE. SONO COSTITUITE DA UN COMPOUND A BASE DI BITUME DISTILLATO MODIFICATO CON POLIPROPILENE E DA UN'ARMATURA IN TESSUTO NON TESSUTO DI POLIESTERE DA FILO CONTINUO DI ELEVATISSIMA GRAMMATURA. QUESTO TIPO DI ARMATURA, OLTRE ALLA PARTICOLARITÀ DI ESSERE IMPUTRESCIBILE, CONFERISCE ALLA MEMBRANA ECCELLENTI CARATTERISTICHE MECCANICHE, OTTIMI ALLUNGAMENTI ALLA ROTTURA ED ECCEZIONALE RESISTENZA AL PUNZONAMENTO.

LO SPECIALE COMPOUND GARANTISCE OTTIME CARATTERISTICHE DI FLESSIBILITÀ ALLE BASSE TEMPERATURE.

PER LE PARTICOLARI CARATTERISTICHE DELL'ARMATURA E DEL COMPOUND, POLYFLEX HP RISULTANO ESSERE MEMBRANE IMPERMEABILIZZANTI CREATE APPPOSITAMENTE PER APPLICAZIONI SPECIALI QUALI L'IMPERMEABILIZZAZIONE DI MURI CONTROTERRA E OPERE IN FALDA. POLYFLEX HP PUÒ ESSERE PRODOTTA CON LA SUPERFICIE SUPERIORE RICOPERTA CON TALCO, O SABBIA, O DA UN TESSUTO NON TESSUTO LEGGERO DI POLIPROPILENE, E CON QUELLA INFERIORE PROTETTA E RIVESTITA CON POLYFLAM EASY TORCH (A RIDOTTA AREA DI STAMPA PER AUMENTARE L'ADESIVITÀ DEL PRODOTTO), LO SPECIALE FILM DI POLIETILENE ANTIADESIVO DA SFIAMMARE DURANTE L'APPLICAZIONE. LE SUPERFICI DA IMPERMEABILIZZARE DEVONO ESSERE ASCIUTTE, PULITE E SUFFICIENTEMENTE LISCE E LIVELLATE; L'APPLICAZIONE IN TOTALE ADERENZA, AVVIENE A FIAMMA LEGGERA DI GAS PROPANO. LA POSA IN OPERA È RAPIDA ED AGEVOLE. SI CONSIGLIA, L'APPLICAZIONE DEL PRIMER BITUMINOSO COME PROMOTORE DI ADESIONE SE LA MEMBRANA VIENE APPLICATA SU SUPPORTO CEMENTIZIO.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

POLYFLEX HP SONO MEMBRANE REALIZZATE SECONDO GLI STANDARD QUALITATIVI IMPOSTI DALLA TECNOLOGIA NAT®, L'INNOVATIVO SISTEMA PRODUTTIVO MEDIANTE IL QUALE AVVIENE IL CONTROLLO DELL'INVECCHIAMENTO DELLA MATRICE POLIMERICA DELLE MEMBRANE BITUMINOSE.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:	POLYGLASS SPA
LUOGO DI PRODUZIONE:	PONTE DI PLAVE (TV)
SITO:	WWW.POLYGLASS.COM

MEMBRANA IMPERMEABILE

MEMBRANE





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	ANTIRADICE P
DIMENSIONI:	1 X 10 M
SPESSORE:	4 MM
REAZIONE AL FUOCO:	F
RESISTENZA ALLA TRAZIONE TRASVERSALE:	500 N/50 MM
RESISTENZA ALLA TRAZIONE LONGITUDINALE:	600 N/50 MM
RESISTENZA ALL'URTO:	> 900 MM
RESISTENZA AL CARICO:	> 15 KG

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

ANTIRADICE P È UNA MEMBRANA ELASTOPLASTOMERICA IMPERMEABILE PREFABBRICATA, AD ELEVATE PRESTAZIONI, COSTITUITA DA UN COMPOUND A BASE DI BITUME DISTILLATO, MODIFICATO CON POLIPROPILENE E DA UN'ARMATURA IN TESSUTO NON TESSUTO DI POLIESTERE DA FIOCCO DI ELEVATA GRAMMATURA, RINFORZATO E STABILIZZATO CON FILI DI VETRO LONGITUDINALI.

QUESTA PARTICOLARE ARMATURA, OLTRE AL PREGIO DI ESSERE IMPUTRESCIBILE, CONFERISCE ALLE MEMBRANE ECCELLENTI CARATTERISTICHE MECCANICHE, DI ALLUNGAMENTO ALLA ROTTURA, DI RESISTENZA AL PUNZONAMENTO E STABILITÀ DIMENSIONALE.

IL COMPOUND È ADDITIVATO CON PREVENTOL® B2 DELLA BAYER®, UN PRODOTTO CHE AGISCE DA BARRIERA CHIMICA CONTRO LA PERFORAZIONE DELLA MEMBRANA DA PARTE DELLE RADICI VEGETALI, GARANTENDONE L'IMPERMEABILITÀ.

IL RICERCATO COMPOUND DELL'ANTIRADICE P ASSICURA ALLA MEMBRANA OTTIME CARATTERISTICHE DI FLESSIBILITÀ ALLE BASSE TEMPERATURE E LA TECNOLOGIA D'AVANGUARDIA CON LA QUALE QUESTA VIENE PRODOTTA OFFRE UNA GARANZIA DI QUALITÀ SUPERIORE.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

ANTIRADICE P È UNA MEMBRANA REALIZZATA SECONDO GLI STANDARD QUALITATIVI IMPOSTI DALLA TECNOLOGIA NAT®, L'INNOVATIVO SISTEMA PRODUTTIVO MEDIANTE IL QUALE AVVIENE IL CONTROLLO DELL'INVECCHIAMENTO DELLA MATRICE POLIMERICA DELLE MEMBRANE BITUMINOSE.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:	POLYGLASS SPA
LUOGO DI PRODUZIONE:	PONTE DI PLAVE (TV)
SITO:	WWW.POLYGLASS.COM

MEMBRANA ANTIRADICE

MEMBRANE





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

SPESSORE:	1/2 CM
GRANULOMETRIA:	< 1,5 MM
RESA:	13 KG/M ² CA. CON SP. 10 MM
CONDUCIBILITÀ TERMICA:	0,45 W/MK
RESISTENZA A COMPRESSIONE:	2,5 N/MM ² CA.
RESISTENZA A FLESSIONE:	1 N/MM ² CA.

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

E' UNA MALTA SECCA A BASE DI CALCE NATURALE, LEGANTE IDRAULICO, POLVERE DI MARMO E SABBIE CLASSIFICATE.

VIENE USATO COME INTONACO DI FONDO SU MURATURE IN MATTONI, BLOCCHI DI CALCESTRUZZO, ECC..

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

L'APPLICAZIONE IN PRESENZA DI FORTE VENTO PUÒ PROVOCARE LA FORMAZIONE DI FESURAZIONI E "BRUCIATURE" DEGLI INTONACI. IN TALI CONDIZIONI SI CONSIGLIA DI ADOTTARE OPPORTUNE PRECAUZIONI (PROTEZIONE DEI LOCALI INTERNI, APPLICAZIONE DELL'INTONACO IN DUE STRATI FRATTAZZANDO ACCURATAMENTE LA PARTE SUPERFICIALE).

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:

FASSA BORTOLO

LUOGO DI PRODUZIONE:

MONCALVO (AST)

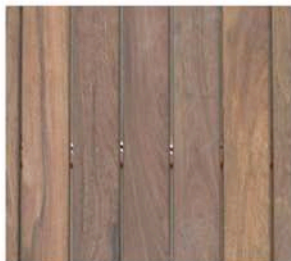
SITO:

WWW.FASSABORTOLO.COM

BIO-INTONACO DI FONDO A BASE DI CALCE



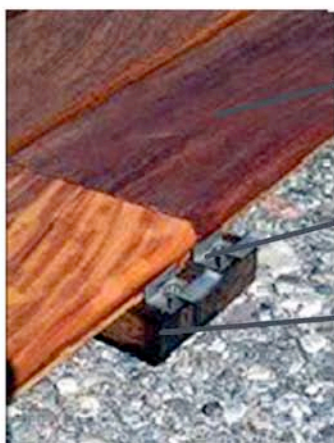
RIVESTIMENTI



PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:
NOME: ARDECK
FINITURA: IPE
DIMENSIONI: 40 X 1035 X 1000 MM

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

ARDECK È UNA LINEA DI PAVIMENTI IN LEGNO DALLE ALTE PERFORMANCE TECNICHE, DEDICATA AGLI ESTERNI. BELLEZZA ED ELEGANZA SI ABBINANO A RESISTENZA E DURATA NEL TEMPO. PRESENTANO UN'ALTA RESISTENZA ALLA ROTTURA, ALLA FLESSIONE E ABRASIONE, GARANTENDO UN ALTO LIVELLO PRESTAZIONALE E MANTENENDO LE QUALITÀ INVARIATE NEL TEMPO. SONO PANNELLI PRECOMPOSTI OLIATI E ASSEMBLATI CON MAGATELLI MASSICCI AVVITATI CON VITI IN ACCIAIO INOX MARINO.



LISTONE CON INCASTRI SUI LATI E SULLE TESTE

CLIPS IN ACCIAIO INOX MARINO

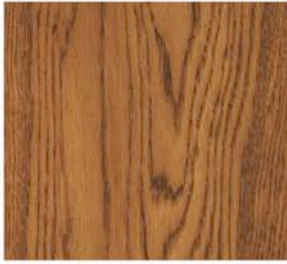
MAGATELLO IN LEGNO

PRODUZIONE:
CASA PRODUTTRICE: ARBOL
LUOGO DI PRODUZIONE: SAN GIULIANO MILANESE (MI)
SITO: WWW.ARBOL.IT

PARQUET ESTERNO



RIVESTIMENTI



PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	MISTERLIST
FINITURA:	ROSES
DIMENSIONI:	10 X 120 X 600 MM
CONDUCIBILITÀ TERMICA:	0,30 W/M²K

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

FRUTTO DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA DI ARBOL, MISTERLIST 121 È UN PARQUET PREFINITO A DUE STRATI CON SPESSORE TOTALE DI SOLI 10 MM: LEGNO NOBILE DI 4 MM E SUPPORTO IN MULTISTRATO DI BETULLA. MICROISELLATO E PERSONALIZZABILE CON LAVORAZIONI UNICHE, PER POSA INCOLLATA.
UNI EN 13489.

PRODUZIONE: ARBOL
CASA PRODUTTRICE: SAN GIULIANO MILANESE (MI)
LUOGO DI PRODUZIONE: WWW.ARBOL.IT
SITO:

RIVESTIMENTI

PARQUET INTERNO





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	SERIE MILANO
MATERIALE:	ALLUMINIO
ALTEZZA PARAPETTO:	1100 MM
INTERASSE MASSIMO TRA MONTANTI:	1800 MM
SOVRACCARICO ORIZZONTALE:	1 KN/M
INTERASSE MINIMO TRA MONTANTI:	950 MM
SOVRACCARICO ORIZZONTALE:	2 KN/M
RESISTENZA SOVRACCARICO ORIZZONTALE LINEARE:	1KN/M 2KN/M
RESISTENZA ALL'URTO SECONDO NORMA UNI:	EN 14019 2004

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

TUTTI I COMPONENTI SONO RICAVATI DA PROFILATI DI ALLUMINIO ESTRUSO CON UN'ANODIZZAZIONE E UNA VERNICIATURA PERFETTE, SENZA NEI O SBAVATURE.

ALCUNE CARATTERISTICHE SONO:

- SEMPLICITÀ NELLE LAVORAZIONI DEI PROFILATI;
- BLOCCAGGIO DEGLI ACCESSORI MEDIANTE GRANI AD ESPANSIONE O VITI A CONTRASTO IN ACCIAIO INOX;
- POSSIBILITÀ DI ANCORAGGIO SU PIANI E SU RAMPE SCALE GRAZIE ALL'UTILIZZO DI STAFFE PER IL FISSAGGIO SUPERIORE O FRONTALE AL SOLAIO.

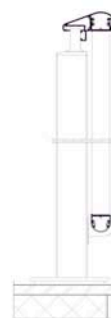
VANTAGGI:

- INALTERABILITÀ E DURATA NEL TEMPO;
- SEMPLICITÀ DI REALIZZAZIONE, DI POSA IN OPERA E MANUTENZIONE;
- EFFICACIA E SICUREZZA;
- CORRIMANO CON PRESA FACILE, GRADEVOLE E SICURA;
- CERTIFICAZIONI SECONDO LE NORMATIVE VIGENTI;
- SCELTA DEI COLORI ILLIMITATA.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

ESSENZIALITÀ, DURATA E SICUREZZA.

THÉATRON PREVEDE UN'AMPIA SCELTA DI MODELLI E DI SOLUZIONI ADATTABILI ALLE ESIGENZE DEL PROGETTO. LA SCELTA DEI COLORI È PRATICAMENTE ILLIMITATA. UTILIZZARE PRODOTTI ED ACCESSORI A MARCHIO METRA TI DÀ LA SICUREZZA DI USARE MATERIALI CHE MANTENGONO OTTIME PRESTAZIONI E DURATA NEL TEMPO.



PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE: METRA
LUOGO DI PRODUZIONE: RODENGO SAIANO (BS)
SITO: WWW.METRA.IT

STRUTTURE

BALAUSTRE





PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:	HEA 120 HEA 200
TIPO DI ACCIAIO:	FE 430
DIMENSIONI:	114 X 120 MM 190 X 200 MM
SPESSORE ALI:	8 MM 10 MM
SPESSORE ANIMA:	5 MM 6,5 MM
PESO:	19,9 KG/M 42,3 KG/M
SOLLECITAZIONE A FLESSIONE (CARICO DISTRIBUITO):	21 q.li 80 q.li
SOLLECITAZIONE A COMPRESSIONE:	251 q.li 657 q.li

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

DIMENSIONI SECONDO UNI 5397; TOLLERANZE DIMENSIONALI E DI FORMA SECONDO UNI EN 10034; QUALITÀ COMMERCIALE ACCIAIO SECONDO UNI EN 10025.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

LA DUFERDOFIN - NUCOR S.R.L. GESTISCE I PROPRI PROCESSI PRODUTTIVI ATTRIBUENDO GRANDE VALORE ALLA TUTELA DELL'AMBIENTE E, NEL RISPETTO PER LA COMUNITÀ SOCIALE IN CUI È INSERITA, RITIENE INDISPENSABILE ESPlicitARE LE PROPRIE LINEE GUIDA IN TEMA AMBIENTALE. LA PROTEZIONE DELLE MATRICI AMBIENTALI E IL RISPETTO DEL TERRITORIO IN CUI SONO INSERITI I NOSTRI STABILIMENTI, SONO OBIETTIVI PRIMARI DI TUTTE LE STRATEGIE FUTURE PER UNO SVILUPPO ECOLOGICAMENTE SOSTENIBILE.

LA POLITICA AMBIENTALE ED IL SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE HANNO LO SCOPO DI MONITORARE GLI IMPATTI AMBIENTALI CHE POSSONO GENERARSI DALL'ATTIVITÀ PRODUTTIVA, AL FINE DI ATTUARE TUTTE LE AZIONI NECESSARIE A CONTROLLARE, RIDURRE E PREVENIRE GLI STESSI.

LO SCOPO DEL GRUPPO È QUELA DI MANTENERE SOTTO CONTROLLO TUTTA L'ATTIVITÀ PRODUTTIVA GARANTENDO:

- LA PREVENZIONE DELL'INQUINAMENTO;
- IL RISPARMIO ENERGETICO E DELLE RISORSE NATURALI;
- LA PROGRESSIVA RIDUZIONE, FINO ALL'ELIMINAZIONE, DELL'UTILIZZO DI SOSTANZE PERICOLOSE DAI PROPRI STABILIMENTI;
- LA RIDUZIONE DEI RIFIUTI PRODOTTI, IMPEGNANDOSI VERSO IL RECUPERO DEGLI STESSI QUALI MATERIE RIUTILIZZABILI NEL PROPRIO O IN ALTRI CICLI PRODUTTIVI;
- ASSICURARE E MANTENERE AGGIORNATA LA FORMAZIONE DEL PERSONALE COINVOLTO NEL SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE: DUFERDOFIN
LUOGO DI PRODUZIONE: SAN ZENO NAVIGLIO (BS)
SITO: WWW.DUFERDOFIN.COM

HEA 120 - HEA 200



STRUTTURE



PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:	
NOME:	IPE 330 IPE 400
TIPO DI ACCIAIO:	FE 430
DIMENSIONI:	330 X 160 MM 400 X 180 MM
SPESSORE ALI:	11,5 MM 13,5 MM
SPESSORE ANIMA:	7,5 MM 8,6 MM
PESO:	49,1 KG/M 66,3 KG/M
SOLLECITAZIONE A FLESSIONE (CARICO DISTRIBUITO):	149 q.li 243 q.li
SOLLECITAZIONE A COMPRESSIONE:	681 q.li 959 q.li

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

DIMENSIONI SECONDO UNI 5398; TOLLERANZE DIMENSIONALI E DI FORMA SECONDO UNI EN 10034; QUALITÀ COMMERCIALE ACCIAIO SECONDO UNI EN 10025.

OSSERVAZIONI IMPORTANTI:

LA DUFERDOFIN – NUCOR S.R.L. GESTISCE I PROPRI PROCESSI PRODUTTIVI ATTRIBUENDO GRANDE VALORE ALLA TUTELA DELL'AMBIENTE E, NEL RISPETTO PER LA COMUNITÀ SOCIALE IN CUI È INSERITA, RITIENE INDISPENSABILE ESPlicitARE LE PROPRIE LINEE GUIDA IN TEMA AMBIENTALE. LA PROTEZIONE DELLE MATRICI AMBIENTALI E IL RISPETTO DEL TERRITORIO IN CUI SONO INSERITI I NOSTRI STABILIMENTI, SONO OBIETTIVI PRIMARI DI TUTTE LE STRATEGIE FUTURE PER UNO SVILUPPO ECOLOGICAMENTE SOSTENIBILE.

LA POLITICA AMBIENTALE ED IL SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE HANNO LO SCOPO DI MONITORARE GLI IMPATTI AMBIENTALI CHE POSSONO GENERARSI DALL'ATTIVITÀ PRODUTTIVA, AL FINE DI ATTUARE TUTTE LE AZIONI NECESSARIE A CONTROLLARE, RIDURRE E PREVENIRE GLI STESSI.

LO SCOPO DEL GRUPPO È QUELA DI MANTENERE SOTTO CONTROLLO TUTTA L'ATTIVITÀ PRODUTTIVA GARANTENDO:

- LA PREVENZIONE DELL'INQUINAMENTO;
- IL RISPARMIO ENERGETICO E DELLE RISORSE NATURALI;
- LA PROGRESSIVA RIDUZIONE, FINO ALL'ELIMINAZIONE, DELL'UTILIZZO DI SOSTANZE PERICOLOSE DAI PROPRI STABILIMENTI;
- LA RIDUZIONE DEI RIFIUTI PRODOTTI, IMPEGNANDOSI VERSO IL RECUPERO DEGLI STESSI QUALI MATERIE RIUTILIZZABILI NEL PROPRIO O IN ALTRI CICLI PRODUTTIVI;
- ASSICURARE E MANTENERE AGGIORNATA LA FORMAZIONE DEL PERSONALE COINVOLTO NEL SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE.

PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:	DUFERDOFIN
LUOGO DI PRODUZIONE:	SAN ZENO NAVIGLIO (BS)
SITO:	WWW.DUFERDOFIN.COM

IPE 330 - IPE 400



STRUTTURE



PRESTAZIONI GENERALI DEL MATERIALE:

NOME:

HV 3510\6 R

MATERIALE:

ALLUMINIO

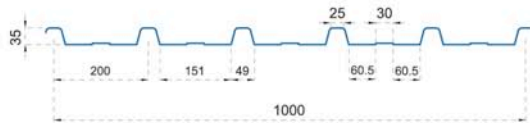
LUNGHEZZA PANNELLO:

1000 MM

INFORMAZIONI TECNICO DESCRITTIVE:

LE LAMIERE GRECATE PER COPERTURE, RICOPRONO UN AMPIA GAMMA DI PROFILI IDONEI PER TUTTE LE SOLUZIONI COSTRUTTIVE COME: COPERTURE DI TIPO DISCONTINUO, COPERTURE SANDWITICH, COPERTURA A TETTO VENTILATO, COPERTURE A LASTRA UNICA E FISSAGGIO NASCOSTO, COPERTURE A BASSA PENDENZA.

I PROFILI POSSONO ESSERE REALIZZATI IN UNA VASTA SCELTA DI MATERIALI E FINITURE QUALE ACCIAIO ZINCATO PREVERNICIATO, ALLUMINIO, RAME, ZINCO TITANIO, ACCIAIO INOX,...ETC, IN BASE ALLE DIVERSE ESIGENZE TECNICHE E PROGETTUALI. LE LASTRE HEDAR SONO MECCANICAMENTE PERFORMANTI, ECONOMICAMENTE VANTAGGIOSE, FACILMENTE UTILIZZABILI E CON GARANZIA DI LUNGA DURABILITÀ.



PRODUZIONE:

CASA PRODUTTRICE:

HEDAR

LUOGO DI PRODUZIONE:

VICOLUNGO (NO)

SITO:

WWW.HEDAR.IT

LAMIERA GRECATA



STRUTTURE

BIBLIOGRAFIA:

Archivio di Stato. Vercelli, *Aspetti urbanistici della città di Vercelli nei secoli XVIII & XIX: Vercelli. 5 maggio – 30 giugno 1990*, Archivio di Stato: Gallo, Vercelli, 1990

Argiolas C., *Forma, tecnologia, sostenibilità e progetto. Un approccio integrato alla produzione dell'involucro*, Gangemi, Roma, 2005

Arnoldi D., *Vercelli vecchia e antica*, Gallardi, Vercelli, 1929

Barrella C., Grillo N., *L'evapotraspirazione totale con sistema di smaltimento dei reflui civili: criteri di progettazione, riferimenti normativi, casi pratici.*, Geva editore, Roma, 2009

Bazzocchi F., *Facciate ventilate: architettura, prestazioni e tecnologia*, Alinea, Firenze, 2002

Bo G., Guilla M., *Vercelli. Invito a conoscere la città in 9 itinerari*, edizioni Gallo, Vercelli, 2009

Brunoro S., *Efficienza energetica delle facciate. Standard, requisiti, esempi per l'adeguamento e la riqualificazione architettonica*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, 2006

Bruzza L., *Iscrizioni antiche vercellesi. Raccolte ed illustrate da Luigi Bruzza*, Gucciani e Santini edizioni, Roma, 1874

Busca M., *I consorzi di irrigazione*, Gallardi, Vercelli, 1940

Bussi V., *Vercelli sacra minore: le confraternite*, [s.n.], Vercelli, 1985

Cassetti M., *Aspetti urbanistici della città di Vercelli nei secoli XVIII e XIX*, Archivio di stato: Gallo, Vercelli, 1990

Cassetti M., *Storia e architettura di antichi conventi monasteri e abbazie della città di Vercelli*, Archivio di stato di Vercelli, Vercelli, 1976

Castelli E., *Sulle condizioni geo-idrologiche del territorio di Vercelli rispetto all'estrazione d'acqua dal sottosuolo*, [s.n.], Vercelli, 1912

Castelnovi P., *Vercelli: piani particolareggiati del centro storico*, Celid, Torino, 1990

Cerere, Centro Habitat Progetto del Politecnico di Torino, *Territori dell'acqua e dell'agricoltura: esperienze europee a confronto: Vercelli, Camargue, Valencia*, [s.n.], Vercelli, 1992

Chicco G., *Le fortificazioni di Vercelli: studio storico con brevi cenni sugli assedi del 1617-1638-1704 e sui Governatori Conte Catalano Alfieri e Claudio Des Hays*, Gallardi, Vercelli, 1941

Chicco G., *Le successive cinte fortificate di Vercelli, quaderni dell'istituto delle belle arti di Vercelli*, [s.n.], Vercelli, 1963

Chicco G., *Nuovi spunti di storia vercellese*, [s.n.], Vercelli, 1941

Chicco G., *Vercelli racconta. Immagini e ricordi*, [s.n.], Vercelli, 1993

Coppa A., *Facciate a secco*, Federico Motta editore, Milano, 2006

Corbellini G., Grazioli L., *La via Francigena : 1800 chilometri a piedi da Canterbury a Roma sulle orme degli antichi pellegrini*, Mondadori, Milano, 1996

Corio A., *L'istituto di Belle Arti di Vercelli tra '800 e '900*, Cassa di Risparmio di Vercelli, Vercelli, 1990

Costa Duran S., Fajardo Herrero J., *Atlante di architettura ecosostenibile*, Logos, Modena, 2011

De Macchi A., *L'architettura romanica nel vercellese*, [s.n.], Vercelli, 1934

Faccio G.C., *Le successive cinte fortificate di Vercelli*, Istituto di belle arti di Vercelli, Vercelli, 1963

Faccio G.C., Chicco G., Vola F. *Vecchia Vercelli*, [s.n.], Vercelli, 1979

Faccio G.C., *Vecchia Vercelli: passeggiate storico – topografiche*, Gallardi, Vercelli, 1931

Frangioni L., *Milano e le sue strade : costi di trasporto e vie di commercio dei prodotti milanesi alla fine del Trecento*, Cappelli, Bologna, 1983

Gieri V., *Progettare l'ambiente. Progettare nell'ambiente*, Il Sole 24 Ore, Milano, 2002

Herzog T., Krippner R., Lang W., *Atlante delle facciate*, Utet, Torino, 2005

Leale F., Santarella M., *Vercelli racconta. Immagini e ricordi*, Besso editore, Vercelli, 1993

Marangoni G., *Vercelli, il Biellese e la Valsesia*, Istituto italiano d'arti grafiche, Bergamo, 1931

Monti P., *L'irrigazione nel vercellese*, [s.n.], Vercelli, 1978

Pensa E., *Blu: progettare ecologicamente con l'acqua*, Maggioli Editore, Ravenna, 2009

Picco F., *Vercelli*, Alinari, Firenze, [192.]

- Portinaro P., *Antiche carte geografiche del Piemonte: nozioni storiche, tecniche e pratiche di cartografia*, Tacchini, Vercelli, 1984
- Portinaro P., *Vercelli negli antichi disegni*, Tacchini, Vercelli, 1983
- Pugno G.M., *Lo "studio" di Vercelli*, Unione cattolica artisti italiani, Vercelli, [195.]
- Salotti G.D., *Centri storici: analisi e progetto per il riuso: verifica di un procedimento sul tessuto urbano di Vercelli*, Angeli, Milano, 1981
- Sigmund C., *Calcolo semplificato agli stati limite. Per strutture in cemento armato, acciaio, legno, muratura*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009
- Stopani R., *La via Francigena. Una strada europea nell'Italia del Medioevo*, Le Lettere, Firenze, 1998
- Tinti F., *Geotermia per la climatizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008
- Tournon A., *Un secolo di vita irrigua vercellese e l'Associazione d'Irrigazione [dell'Agro all'ovest della Sesia]*, Gallardi e Ugo, Vercelli, 1918
- Venturi R., *Complessità e contraddizioni nell'architettura*, Dedalo, Bari, 2005
- Vercelli provincia. Settore pianificazione territoriale, *Relazione*, ESA, Vercelli, 1997
- Disponibilità e utilizzazione delle risorse idriche in Provincia di Vercelli: atti, Vercelli, 30 gennaio 1982*, [s.n.], Vercelli, 1982

FONTI:

- ARPA Piemonte, integrata dall'Arch. Lilliana Patriarca, *Relazione di compatibilità ambientale ai sensi dell'art. 20 della L.R. 40/98*, Vercelli, febbraio 2007
- Comune di Vercelli, Arch. Dario Lusso, Geom. Ivano Rossin, *Verifica per la valutazione di incidenza per l'area interessata da Z.P.S.*, Vercelli, aprile 2008
- Comune di Vercelli, Settore Sviluppo Urbano ed Economico, *Regolamento per la tutela e lo sviluppo del verde urbano*, Vercelli, 2009
- Politecnico di Milano, facoltà di architettura civile, corso di laurea in scienze dell'architettura, campus Bovisa, *corso di analisi della città e del territorio (trascrizione delle lezioni del corso di Analisi della città e del territorio tenute dal Prof. Gian Piero Calza nell'anno accademico 2000-2001)*, Milano, 2005
- Provincia di Vercelli, *Le acque sotterranee della pianura vercellese. La falda superficiale*, Edizione Saviolo, Vercelli, giugno 2006

SITI:

www.vemar.net

www.laica.net

www.geotermia.com

www.isesitalia.it

www.geothermie.ch

www.caspi.it

www.wikipedia.it

www.ecoage.it

www.fotovoltaiico.com