

ATLANTE DEI SISTEMI TECNOLOGICI PER L'ARCHITETTURA BIOCLIMATICA RAFFRESCAMENTO PASSIVO IN ARCHITETTURA

ATLAS OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS FOR BIOCLIMATIC ARCHITECTURE PASSIVE COOLING IN ARCHITECTURE

INDICE pag.

Introduction	11
<i>Principles, systems, morphological and technological features for the use of passive cooling in architecture</i>	

PARTE I - INTRODUZIONE ALLA LETTURA E ALLA CONSULTAZIONE: PRINCIPI, SISTEMI, CARATTERI MORFO-TECNOLOGICI

1. Considerazioni preliminari	21
1.1. Impostazione del problema	21
1.2. Il comfort termoisometrico	22
1.3. Il calore	27
1.4. Evaporazione e traspirazione	34
1.5. L'interazione acqua / microclima	37
1.6. Le strategie generali per il raffrescamento passivo	39
2. Raffrescamento passivo con impiego di acqua integrato nell'architettura	45
2.1. Sistemi di pareti/tetti d'acqua	45
2.2. Sistemi di massa d'acqua	47
2.3. Sistemi di giochi d'acqua	49
2.4. Sistemi di nebulizzazione	51
3. Raffrescamento passivo con impiego di verde integrato nell'architettura	53
3.1. Sistemi di verde esterno all'edificio	53
3.2. Sistemi di verde a protezione e filtro dell'edificio	54
3.3. Sistemi di verde interno all'edificio	55
4. Raffrescamento passivo con impiego di masse integrate nell'architettura	59
4.1. sistemi di massa muraria in rapporto all'involucro	59
4.2. Sistemi di massa di suolo in rapporto all'involucro	60
4.3. Sistemi di massa d'acqua in rapporto all'involucro	62
5. Raffrescamento passivo con impiego di spazi bioclimatici integrati nell'architettura	67
5.1. Spazi bioclimatici a patio	67
5.2. Spazi bioclimatici a chiostrina	68
5.3. Spazi bioclimatici a corte	69
5.4. Spazi bioclimatici in aggregazione	71

6. Raffrescamento passivo e sistemi tecnologici per l'architettura bioclimatica: potenzialità e criticità nell'interazione prestazionale e fisico-spaziale	72
<i>Valeria Cecafosso</i>	
6.1. Le interazioni prestazionali e fisico-spaziali tra i differenti sistemi di raffrescamento passivo	72
6.2. Le interazioni prestazionali e fisico-spaziali tra i sistemi di raffrescamento passivo e quelli di riscaldamento solare passivo	73
6.3. Le interazioni prestazionali e fisico-spaziali tra i sistemi di raffrescamento passivo e quelli di illuminazione naturale	73
6.4. Le interazioni prestazionali e fisico-spaziali tra i sistemi di raffrescamento passivo e quelli di ventilazione naturale	74
6.5. Le interazioni prestazionali e fisico-spaziali tra i sistemi di raffrescamento passivo e quelli di isolamento e di controllo dell'umidità	75
6.6. Le interazioni prestazionali e fisico-spaziali tra i sistemi di raffrescamento passivo e quelli di captazione energetica attiva	76
6.7. Le interazioni prestazionali e fisico-spaziali tra gli altri sistemi tecnologici bioclimatici	77
6.7.1 Ventilazione naturale e sistemi bioclimatici	77
6.7.2 Riscaldamento solare passivo e sistemi bioclimatici	81
6.7.3 Illuminazione naturale e sistemi bioclimatici	86
6.7.4 Isolamento termico, controllo dell'umidità e sistemi bioclimatici	90
6.7.5 Captazione energetica attiva e sistemi bioclimatici	94

PARTE II - SISTEMI PER L'IMPIEGO BIOCLIMATICO DEL RAFFRESCAMENTO PASSIVO IN ARCHITETTURA

A. SISTEMI DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI ACQUA INTEGRATO NELL'ARCHITETTURA

7. Sistemi di pareti/tetti d'acqua	100
7.1. Pareti integrate con acqua all'esterno dell'involucro	100
7.2. Pareti integrate con acqua all'interno dell'involucro	102
7.3. Pareti d'acqua	104
7.4. Tetti integrati con acqua	106
8. Sistemi di massa d'acqua	108
8.1. Massa d'acqua statica esterna all'edificio	108
8.2. Massa d'acqua statica interna all'edificio	110
8.3. Massa d'acqua in movimento esterna all'edificio	112
8.4. Massa d'acqua in movimento interna all'edificio	114
9. Sistemi di giochi d'acqua	116
9.1. Giochi d'acqua all'esterno	116
9.2. Giochi d'acqua integrati a parete	118
9.3. Giochi d'acqua negli spazi intermedi	120
9.4. Giochi d'acqua all'interno	122
10. Sistemi di nebulizzazione	124

10.1. Nebulizzazione all'esterno	124
10.2. Nebulizzazione integrata a parete	126
10.3. Nebulizzazione negli spazi intermedi	128
10.4. Nebulizzazione all'interno	130

B. SISTEMI DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI VERDE INTEGRATO NELL'ARCHITETTURA

11. Sistemi di verde esterno all'edificio	132
11.1. Il viale	132
11.2. Le spalliere verdi	134
11.3. Il pergolato	136
12. Sistemi di verde a protezione e filtro dell'edificio	138
12.1. Il verde lungo il perimetro	138
12.2. Il verde nelle corti	140
12.3. La pergola addossata	142
12.4. L'altana	144
12.5. I balconi	146
12.6. La parete e le finestre verdi	148
13. Sistemi di verde all'interno dell'edificio	150
13.1. Le serre verdi addossate	150
13.2. I bow-windows verdi	152
13.3. Le logge verdi	154
13.4. I buffer space verdi a tutta altezza	156
13.5. Le corti verdi protette	158
13.6. Gli atri verdi a basamento	160
13.7. GLi atri verdi ad altezza intermedia	162
13.8. Gli atri verdi a basamento	164
13.9. Le serre verdi indipendenti	166
13.10. Le serre verdi che sfruttano la massa termica del terreno	168
13.11. Le serre verdi contenitore di unità edilizie	170
13.12. Le grandi serre verdi con piccole unità edilizie addossate	172

C. SISTEMI DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI MASSE INTEGRATE NELL'ARCHITETTURA

14. Sistemi di massa muraria in rapporto all'involucro	174
14.1. Massa integrata completamente o prevalentemente con l'involucro	174
14.2. Massa integrata in copertura o perimetralmente con l'involucro	176
14.3. Massa integrata unilateralmente o parzialmente con l'involucro	178
14.4. Massa orizzontale o verticale non integrata ma intorno all'involucro	180
15. Sistemi di massa di suolo in rapporto all'involucro	182
15.1. Massa integrata completamente o prevalentemente con l'involucro	182
15.2. Massa integrata in copertura o perimetralmente con l'involucro	184
15.3. Massa integrata unilateralmente o parzialmente con l'involucro	186
15.4. Massa non integrata in adiacenza o interna all'involucro	188
16. Sistemi di massa d'acqua in rapporto all'involucro	190

16.1. Massa integrata in copertura o prevalentemente con l'involucro	190
16.2. Massa non integrata intorno o adiacente all'involucro	192

D. SISTEMI DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON SPAZI BIOCLIMATICI INTEGRATI NELL'ARCHITETTURA

17. Spazi bioclimatici a patio	194
17.1. Il patio centrale	194
17.2. IL patio contiguo a due lati adiacenti	196
17.3. IL patio contiguo a due lati opposti	198
17.4. IL patio contiguo ad un lato	200
17.5. Il patio sospeso	202
17.6. Il patio sospeso misto	204
18. Spazi bioclimatici a chiostrina	206
18.1. La chiostrina	206
18.2. Le chiostrine miste	208
19. Spazi bioclimatici a corte	210
19.1. La corte centrale	210
19.2. La corte aperta su un lato	212
19.3. La corte aperta su due lati	214
19.4. La corte centrale mista	216
20. Spazi bioclimatici in aggregazione	218
20.1. Le aggregazioni orizzontali	218
20.2. Le aggregazioni orizzontali complesse	220
20.3. Le aggregazioni verticali	222
20.4. Le aggregazioni verticali miste	224

PARTE III - CASI DI STUDIO: LA SPERIMENTAZIONE NEL PROGETTO DEL RAFFRESCAMENTO PASSIVO IN ARCHITETTURA

Caso di studio "A". SISTEMI DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI ACQUA INTEGRATO NELL'ARCHITETTURA

1. Parete integrata con acqua - Hialeah Showroom	228
2. Parete integrata con acqua - Museo Sayamaike	229
3. Parete integrata con acqua - Tempio dell'Acqua	230
4. Parete integrata con acqua - Padiglione Britannico all'Expò di Siviglia	231
5. Parete integrata con acqua - Avenue Number Five	232
6. Parete integrata con acqua - Sede dell'impresa Biotop	233
7. Massa d'acqua / Giochi d'acqua - Neuterlings : Minnaert	234
8. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - Giardini Kohjimachi Kaikan	235
9. Massa d'acqua / Giochi d'acqua - Piazza a Leone	236
10. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - Blur Building	237
11. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - BMW Pavilion	238
12. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - Mirage House	239
13. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - Edificio servizio EXPO 2015	240
14. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - Deki Cooling	241

15. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - Arbre Blanc	242
16. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - S-Space	243
17. Massa d'acqua / Giochi / Nebulizzazioni - HassanFathy	244
18. Giochi d'acqua - Gummi Bad	245

Caso di studio "B". SISTEMI DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI VERDE INTEGRATO NELL'ARCHITETTURA

19. Percorsi verdi - Progetto di un percorso verde urbano	246
20. Percorsi verdi - Progetto per un giardino mobile	247
21. Percorsi verdi - Progetto per una pensilina di bus	248
22. Il verde a protezione degli edifici - Alloggi rurali per vacanze a Jupilles	249
23. Il verde a protezione degli edifici - Casa a Capo Ferret	250
24. Il verde a protezione degli edifici - Stamperia Veenman	251
25. Il verde a protezione degli edifici - The Modern Village Office	252
26. Il verde a protezione degli edifici - One Central Park	253
27. Il verde a protezione degli edifici - Stacking Green House	254
28. Il verde a protezione degli edifici - Hotel Jakarta	255
29. Il verde a protezione degli edifici - 25 Verde	256
30. Il verde a protezione degli edifici - Courtyad House	257
31. Spazi filtro addossati all'edificato - Edificio per marketing Ricola	258
32. Spazi filtro addossati all'edificato - Progetto per una altana	259
33. Spazi filtro addossati all'edificato - Progetto per un balcone	260
34. Il verde per la pelle dell'edificio - Casa estiva a Dyngby	261
35. Il verde per la pelle dell'edificio - Progetto per un tetto giardino	262
36. Il verde per la pelle dell'edificio - Casa tradizionale delle isole Faeroe	263
37. Il verde all'interno dell'edificio - Wolhaus in Regensburg	264
38. Il verde all'interno dell'edificio - Istituto universitario di Grenoble	265
39. Il verde all'interno dell'edificio - Torri Messe & Bosch	266
40. Il verde all'interno dell'edificio - Edificio per uffici	267
41. Il verde all'interno dell'edificio - Edificio per uffici a Wurzburg	268
42. Il verde all'interno dell'edificio - Fondazione Ford	269
43. Il verde all'interno dell'edificio - Commerz Bank	270
44. Il verde all'interno dell'edificio - Progetto Eden	271
45. Il verde all'interno dell'edificio - Accademia professionale di Herne	272

Casi di Studio "C". SISTEMI DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI MASSE INTEGRATE NELL'ARCHITETTURA

46. Masse murarie - Galleria d'arte a Maktoberdorf	273
47. Masse murarie - Tucson Mountain Retreat	274
48. Masse murarie - Dutch Mountain	275
49. Masse murarie - Casa di lava a Pantelleria	276
50. Masse murarie - Complesso per la vinificazione nel Chianti	277
51. Masse murarie - Centro culturale e turistico a Terrason	278
52. Masse murarie - Casa in collina a Capiago	279
53. Masse murarie - Casa Knoll-Thuile	280
54. Masse murarie - Sede Centrale i Guzzini	281
55. Masse murarie - Biblioteca e centro culturale a Herten	282
56. Masse murarie - Museo del canale Kitakam	283
57. Masse di suolo - Torre d'acqua e centrale idrica a Reggio Emilia	284

58. Masse di suolo - Casa in collina ad Aldrans	285
59. Masse di suolo - Progetto per una casa sotterranea a Cordoba	286
60. Masse di suolo - Nove case a Dietikon	287
61. Masse di suolo - Casa nella Valle Eggental	288
62. Masse di suolo - Tempio di vetro a Kyoto	289
63. Masse di suolo - Museo d'arte	290
64. Masse di suolo - Opificio Salpi	291
65. Masse di suolo - Museo storico-d'arte	292
66. Masse di suolo - Cantina Antinori	293
67. Masse di suolo - Museo della biosfera a Potsdam	294
68. Masse d'acqua - Tempio d'acqua a Hyogo	295
69. Masse d'acqua - Padiglione flottante ad Almere	296

Caso di studio "D". SISTEMI DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON SPAZI BIOCLIMATICI INTEGRATI NELL'ARCHITETTURA

70. Masse d'acqua - Parco delle scienze a Gelsenkirchen	297
71. Masse d'acqua - Casa di Ernest a Maastricht	298
72. Il Patio - La casa dei Vetii	299
73. Il Patio - Edificio amministrativo	300
74. L'atrio - CMR University	301
75. L'atrio - Abitazione per la pace	302
76. L'atrio - Nation Solar Energy Institute	303
77. Il Patio - L'Alhambra	304
78. Il Patio - Villaggio New Gourn	305
79. Il Patio - Villa Neuendorf	306
80. Il Patio - Unità di abitazione al Tuscolano	307
81. Il Patio - Casa Gaspar	308
82. Il Patio - Edificio del clima delle steppe	309
83. Il Patio - The Whale	310
84. Il Patio - Edificio universitario a Utrecht	311
85. Il Patio - Padiglione olandese all'expo di Hannover	312
86. Il Patio - Commertzbank a Francoforte	313
87. Il Patio - Edificio residenziale a Berlino	314
88. Il Patio - Residenze Hanegi Forest a Tokyo	415
89. Il Patio - Torre per uffici Mahler 4 ad Amsterdam	316
90. Il Patio - Centro di riabilitazione a Basilea	317
91. Aggregazione di Patii - Residenze ad Amsterdam	318
92. Aggregazioni orizzontali di edifici a patio - Città di Olinto	319
93. Aggregazioni orizzontali di edifici a patio - Villaggio sotterraneo in Cina	320
94. Aggregazioni orizzontali di edifici a patio - Complesso a Hu Tung Lane	321
95. Aggregazioni orizzontali di edifici a patio - Città di Ghardala	322
96. Aggregazioni orizzontali di edifici a patio - Città di Marrakesh	323
97. Aggregazioni orizzontali di edifici a patio - Città di Yadz	324
98. Aggregazioni orizzontali di edifici a patio - Quinta di Malagueira	325
99. Aggregazioni verticali di edifici a patio - Città di Priene	326

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Introduction. Principles, systems, morphological and technological features for the use of passive cooling in architecture

Approach to the problem

Ongoing climatic and social change have led to a growing demand for cooling, which almost always translates into a massive use of electric climate-control devices, with potentially irremediable consequences in terms of energy, the environment and economic repercussions. What is more, the structures involved, especially in a context such as that of Italy, where there tends to be little renewal of the building stock, were often designed without making any provisions for similar technology. In such cases, building exteriors with poor performance levels, plus the fact that centralised systems cannot be installed, more often than not result in the implementation of solutions of scarce efficiency, in terms of energy, as well as appearances, in terms of the façades of buildings and the urban landscape, that are less than pleasing. Of all the different technologies and plant-engineering solutions used in buildings, the ones required for air conditioning are probably the most problematic in many respects, not least in terms of wellbeing in indoor spaces. Compared to heating systems, they are more difficult to adjust, often resulting in less than optimal conditions of comfort. A certain level of discomfort can result, for example, from sudden thermal divergences, when indoor temperatures are brought too far below outdoor levels, or when extensive glass surfaces lack adequate screening. In such cases, if the air-conditioning systems are to cope with the elevated thermal loads, the air flow must be increased while the temperature is decreased, at the risk of generating a condition of extreme discomfort, due to the combined effect of the high radiant temperature and the stream of cold air. The resulting situation is similar to what occurs when travelling in a car, receiving the sunlight radiating through the windows, together with the cold air arriving directly from the air-conditioning outlets.

But as noted, the increased use of air-conditioning systems also poses problems involving the environment and energy consumption, in addition to having negative repercussions on the urban microclimate. The heat removed from buildings, together with that generated by machines, is released externally, causing temperatures to rise, which both worsens the liveability of open spaces and further increases the demand for air conditioning, setting off a vicious cycle that only intensifies the more extensive and complex phenomenon known as urban heat islands.

Ultimately, the scope of the energy-related problem is confirmed by the fact that peaks in energy consumption, as well as black-outs caused by power grid overloads, always occur in the hotter periods of the year.

For all the above reasons, attentive design of performance characteristics in summer is an absolute necessity, despite the fact

that regulations and standards in Italy continue to favour considerations of heating, heedless of the fact that, throughout the great majority of Italian territory, the energy required for summer climate control far exceeds the level of consumption needed in winter.

Strategies of passive cooling can differ, depending on climatic conditions and the type of building involved, though the objective is always to ensure the wellbeing of the occupants at the lowest possible cost (economic, energy-related, environmental). While radiative and evaporative cooling prove more effective in dry climates, for example, in humid climates ventilation is the preferred method. In the same way, it can be best to cool the structures of a massive building at night, allowing them to accumulate excess heat during the day, whereas, in the case of a light construction, it can prove more beneficial to cool the indoor spaces and their occupants directly, during the hotter hours. The overriding goal, as well as the necessary precondition to the success of any cooling strategy, is to limit the thermal loads on buildings by optimising their forms and orientation, screening glassed surfaces and making proper use of natural illumination.

Thermo-hygrometric wellbeing depends on the exchanges that take place between the human body and the environment through various processes: conduction (to a minimum extent), radiation, convection and the transfer of latent heat.

Radiative exchanges occur with all surfaces to which the body is exposed, essentially being determined by the temperatures of the surfaces. The flow is negative for the body, which cools itself as a result, when it exchanges with surfaces whose temperatures are lower than that of the skin, meaning approximately 36°C.

Convective exchanges between the human body and the environment occur in two different modes. The first consists of convection between the surface of the skin and the air, which can occur either directly or through the clothes worn. The magnitude of these exchanges depends on the temperature of the air, but also on its speed: the greater the speed, the higher the number of exchanges, though the importance of this parameter decreases as the level of insulation provided by clothing rises, making it especially important in the hotter months, when extensive portions of the body's surface are exposed directly to the air. The second mode involves respiration and depends on the fact that the air, after being inhaled at ambient temperature, is heated and exhaled at a temperature close to that of the body. In this case, the quantity of heat dispersed depends almost exclusively on the temperature of the air.

In contrast, exchanges of latent heat involve the transfer of water vapour from the human body through respiration and perspiration. Given that air is exhaled from the lungs at a relative humidity of approximately 95%, the quantity of vapour (and, therefore, of latent heat) being transferred increases as the vapour content of the inhaled air decreases. As for perspiration, meaning the evap-

oration of sweat from the surface of the body, it is the result of the partial pressure gradient of the vapour in the proximity of the skin. The relevant parameters, therefore, are the relative humidity and the speed of the air, with evaporation rising when the humidity is lower or when the air speed is higher.

In short, to improve the ambient comfort of a building in summer, adjustments can be made in: a) the air temperature, lowering it to increase convective exchanges; b) the air speed, raising it to increase convective exchanges and the evaporation of sweat from the surface of the skin; c) relative humidity, lowering it to increase latent heat exchanges in general; d) the structures, cooling them to increase radiative exchanges.

Overall thermo-hygrometric wellbeing can be measured, or rather predicted, using the PMV index, which gauges the sensation of comfort based on temperatures, air conditions, clothing and metabolic activity.

Cooling means removing and transferring heat

Cooling means removing heat, so that, in order to understand cooling systems, the physical nature of heat, along with the ways in which it is transferred inside of bodies, or from one body to another, must first be understood.

Heat is a form of energy, while temperature is the unit of measure that describes the state of a body in terms of heat. When the thermal status of a system is not uniform, it tends to balance itself out by transferring heat from the warmer parts of the system to the colder ones.

The thermal exchanges through which this process takes place can be described under three main categories, which can also overlap: conduction, convection and radiation.

Conduction is the typical mode of exchange inside of solid bodies, occurring through the mechanical transmission of molecular oscillation or, as occurs with metals, through the migration of electrons.

With convection, on the other hand, heat is transmitted through fluids that are in contact with a body at a different temperature. Describing convection is a complex task, in part because this type of exchange also brings into play conduction and radiation. But in the case of convection, unlike conduction, the heat is transported by the molecules themselves as they move within the system. The motion is generated by the difference in density between the warm parts, which expand in response to increased molecular agitation, becoming more rarefied and light, and the cold parts, which, being more dense and heavy, are drawn downward. Natural convection, therefore, also depends on the force of gravity, without which the flow of heat would be purely conductive, even within fluids. Motion can also be induced artificially, with a fan, for example, with the result being forced convection. 'Mixed convection' is the term used when both modes occur simultaneously.

In buildings, convection is the process that underlies exchanges driven by ventilation, as well as the operation of various systems of climate control: those based on air (forced convection) and fan coils (mixed convection). Radiative systems, for that matter, such as radiating ceilings or floors, always maintain a convective component (natural convection).

The third mode of heat transmission is radiation, the result of electromagnetic emissions that spread at the speed of light, even in a void, without any need for contact or a medium of propagation. The capacity of a body to issue and absorb energy depends on its characteristic physical properties and its surface temperature. In this case, the flow of energy between bodies at different temperatures occurs in both directions, though the overall balance tends to favour the colder body.

In addition to receiving heat through radiation (primarily from the sun), buildings also transmit it internally (between two walls, for example, or between floors and ceilings) and disperse it externally (the dissipation of heat through night-time radiation into the sky, which makes possible a number of different systems of passive cooling); there are also cooling systems, such as radiating panels, that utilise these processes to provide conditions of comfort, even when air temperatures are higher, as compared to traditional air-conditioning systems.

*Another concept indispensable to understanding and designing passive systems is thermal capacity. This unit of measure (expressed as J^*K^{-1}) is defined as the quantity of heat needed to increase the temperature of a body by 1 K. The greater a body's thermal capacity, the more heat it is able to store. The thermal capacity of a standard mass is referred to as specific heat (expressed as $J^*K^{-1}*Kg^{-1}$), a characteristic property of all materials. To arrive at a more precise description of the behaviour of a body exposed to variable thermal conditions, the concept of thermal inertia must also be introduced. Defined as the resistance that a body opposes to changes in temperature, thermal inertia can be expressed as $J^*m^{-2}*K^{-1}*s^{-1/2}$, or the square root of the product of a body's conductivity and thermal capacity. In essence, a body with a high thermal inertia reacts with a noteworthy delay to variations in temperature, attenuating or delaying fluctuations in its own temperature, as compared to that of its surrounding environment, when exposed to a regime of periodic variations, such as normally occur over a 24-hour span.*

As a result, the presence in a building of masses with high levels of thermal inertia acts as a thermal catalyst, increasing the thermal inertia of the building itself while modifying its behaviour with regard to variations in temperature. This explains the reference to a catalyst effect. It follows that, if the dimensions and the positioning of the masses are calculated properly, then their thermal inertia can be used to control the effects of solar radiation, avoiding overheating when the sun is most intense.

Evaporation and transpiration

In general terms, evaporation is the passage of matter from a liquid state to a gaseous one, even though, on this occasion, reference will be made only to water. Transpiration, on the other hand, refers to evaporation from the external surfaces of plants. Land covered in vegetation simultaneously gives off vapour in two ways: directly, through the evaporation of water from its surface, and indirectly, through the transpiration of plants. The term 'evapotranspiration' is used in such cases.

The above processes underlie all systems of cooling that entail the use of vegetation or water in various forms (bodies of water, jets, nebulisation).

For evaporation to take place, a certain amount of energy is needed, varying on the basis of the type of matter involved, with approximately 2.4 KJ/g required for water (the quantity varies slightly, depending on temperature and pressure). This energy is referred to as 'latent heat of evaporation', and it represents the heat removed from the atmosphere for each gram of water that evaporates. It is referred to as latent, because, unlike the measurable phenomenon, the heat absorbed does not raise the temperature of the water, but is used instead for the transformation from one state to another. The medium that releases the heat, on the other hand, such as the air above a body of water, undergoes a decrease in temperature and is cooled.

If the temperature of the water is below boiling, as is always the case in instances of passive cooling, then the evaporation occurs only on the free surface of the fluid.

As noted, transpiration is a specific form of evaporation, taking place, for the most part, on the undersides of plant-leaf surfaces. This is where the highest concentration of stoma are found. Stoma are the pores that let most of the water vapour flowing through the leaves reach the outside, and they also take in the CO₂. This loss of water at the plant's extremities draws forth other water from the roots, setting in motion the flow – the transpiration current – through which nutrients are supplied, so as to keep the organism alive. Being indispensable to the plant, the process is continuous, though its speed varies, depending on how far the stoma have opened, as well as the environmental conditions. As in the case of evaporation, the environmental parameters that influence the process are pressure, temperature, relative humidity and air speed, though the plants themselves are also capable, through adjustment of the stoma, of modifying the extent of the transpiration, depending on the available resources and their own physiological needs. In order to take full advantage of this process for purposes of cooling, it is important that adequate ventilation and irrigation be ensured. The vapour released from the surfaces of leaves amounts to approximately 50-70% of that produced by an open water surface, with the required heat being obtained from both the air and the leaves themselves.

The water / microclimate interaction

The material characteristics of water, along with its thermophysical behaviour, can be put to use not only to cool the interior settings of a building, but also to influence the microclimatic station of its surroundings or, in more general terms, to improve comfort in open spaces.

Put briefly, apart from the mechanisms tied to evaporation, and already described above, the parameters that can be favourably influenced by the presence of water are albedo and ventilation.

Albedo is the ratio, expressed with a dimensionless number of between 0 and 1, of the solar radiation reflected from a surface, as compared to the total radiation that strikes that surface. The higher the albedo, the less the body to which the surface belongs will heat up, seeing that a portion of the fraction of the radiation that is not reflected will be absorbed in the form of thermal energy, while, in the case of transparent or semi-transparent materials, a portion will be transmitted through the body itself (see par. 1.3).

This is why an asphalt road, with an albedo of 0.15, heats up to a far greater degree than a whitewashed wall, whose albedo can be as high as 0.9. The albedo of water varies, depending on its mineral characteristics and its state, ranging from 0.1 for fresh water to 0.7 for ice, with lake salt-water falling in between, at 0.42. The low value for fresh water does not mean that it has an equally high level of absorption, but rather that, given its elevated transparency, it transmits a high percentage of the luminous radiation. Nor does the energy absorbed by water produce the same effects as that absorbed by solids, due to evaporation.

With respect to ventilation, the presence of sizeable masses of water can result in the formation of breezes that, during the hottest hours, thanks to the mechanisms illustrated on the chart, cool the surrounding spaces. Bodies of water whose dimensions are more limited, and not able to generate movements of air in and of themselves, can still contribute to cooling off any currents of air found in a given area, when positioned downwind. It should be kept in mind that the cooling effects of water are always accompanied by a certain increase in the relative humidity of the air, which is why the use of such systems should be avoided in humid zones and climates, where the effect on comfort could prove counterproductive.

A further consideration is that surface areas occupied by water favour ventilation by leaving the area above them free, creating a more favourable situation for the wind than surfaces that hold constructions or vegetation (chart to the side).

General strategies of passive cooling

The effectiveness of individual cooling devices and systems also depends on the proper overall operation of the building, which, in turn, is ensured by the correct implementation of certain fundamental strategies designed to arrive at an optimal response to local climatic conditions.

The first measures, and the most critically important, are those required to reduce the thermal loads and control their effects on indoor environments. To this end, the key area of intervention is the buildings' exterior, meaning both the opaque portions, so as to reduce the energy absorbed and transmitted to the interior while raising both the albedo and the level of thermal insulation, and the transparent parts, through the installation of suitable screening to limit the effects of direct solar radiation. More in general, direct summertime radiation should be minimised on all surfaces, through the planting of vegetable barriers to protect the building, for example, but also by giving it a conformation that maximises the surface areas exposed primarily towards the winter sun (to the south), while reducing the areas facing principally in the direction of the summer sun (to the east, the west and arrayed horizontally). In both cases, a balanced approach should be maintained, keeping in mind that the building must also be able to release excess heat to the outside, especially at night. Too much thermal insulation, or an overly extensive screening of opaque surfaces, could inhibit dispersion to the outside air and radiation upwards, to the sky, with the counterproductive effect of favouring the accumulation of heat in the structures and in indoor environments.

Another important consideration is the role of natural lighting, seeing that procuring a proper supply of natural light means keeping direct solar radiation to the bare, indispensable minimum, while, at the same time, avoiding the use of electric lights, due to the resulting thermal loads. Suffice it to say that, in the case of a simple incandescent lamp, which produces light thanks to the high temperatures reached by its filament, approximately 90% of the electric energy absorbed is transformed into heat (not including luminous radiation). It follows that, in designing both technological systems, such as sunshades, and morphological features, as in the case of atriums, consideration must always be given to natural lighting.

Controlling ventilation is also a factor of fundamental importance, required not only to maintain adequate conditions of hygiene by continually changing the indoor air, but also to establish an efficient cooling strategy. The flow of air passing through the building can prove useful in two ways. First, it helps disperse the heat accumulated in the building outside, cooling the air and the internal structures, while also improving the comfort of the occupants by increasing the air speed, which results in increased convective exchanges between the human body and the surrounding envi-

ronment. Depending on specific conditions, as well as the type of building involved, the systems can be adjusted to operate more in one direction than another, with the air flow directed, for example, at the height of the average person, in order to achieve a direct improvement in thermal wellbeing, or towards the ceiling, so as to remove heat from the floor slabs.

The thermal inertia of the ground can also be used to cool a building, seeing that, deep down, the temperature remains almost constant, at roughly the average annual temperature of the outside air, meaning that heat can be removed from buildings that are in direct contact with the ground through conduction. Radiation towards the sky, on the other hand, is the underlying process of radiative systems that disperse heat indirectly, through a fluid vector that can be either water or simply air.

Nor should evaporative cooling, which operates by drawing on the exchanges of latent heat described in the preceding paragraphs, be forgotten.

Passive cooling through the use of greenery integrated into the architecture

In addition to the pleasure it affords, the presence of greenery meets a series of needs felt with particular intensity in urban contexts, being related to control of the microclimate, the quality of the air and the environment in general. The primary function filled by greenery, when used in this fashion, is solar screening, with the added advantage of the natural regulation offered by the use of deciduous trees. But as has been seen, this is not the full extent of the positive effect of vegetation on the microclimate of outdoor spaces, given the further cooling contribution offered by evapotranspiration, while it should also be remembered that plants are capable of filtering dust from the air, absorbing CO₂ and producing oxygen, in addition to serving as acoustic barriers, all functions that are more welcome, and more necessary, than ever in urban population centres. A further positive effect is the naturalistic role of greenery, which, when used along urban axes, serves in the key role of ecological corridor, linking together the different parts of the urban ecosystem, while also providing a connection between that ecosystem and the surrounding area.

Finally, apart from actively improving the quality of the environment, greenery can also provide information on its overall state, by means of bio-monitoring, a technique that uses the observation and analysis of living organisms to obtain data indicative of the quality of the air, water and soil.

3. RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI VERDE INTEGRATO NELL'ARCHITETTURA

3.1. Sistemi di verde esterno all'edificio

Oltre ad essere gradevole, la presenza di verde risponde ad una serie di esigenze particolarmente sentite nei contesti urbani, che riguardano il controllo microclimatico, la qualità dell'aria e dell'ambiente più in generale. La funzione principale per la quale il verde viene utilizzato in questo modo è quella della schermatura solare, con il vantaggio di poter ottenere una regolazione naturale tramite l'uso di specie caducifoglie. Ma come si è visto, l'effetto positivo della vegetazione sul microclima degli spazi esterni non si limita a questo.

Un ulteriore contributo al raffrescamento proviene infatti dall'evapotraspirazione, ma va ricordato che le piante sono anche in grado di filtrare l'aria dalle polveri, di assorbire CO₂ e di produrre ossigeno, nonché di fungere da barriera acustica, compiti quanto mai necessari e graditi nei centri urbani. A tutto ciò va aggiunto anche il ruolo naturalistico del verde, che utilizzato lungo i percorsi assume il fondamentale ruolo di corridoio ecologico, mettendo in connessione le diverse parti dell'ecosistema urbano e quest'ultimo con quello esterno.

Infine, oltre a migliorare attivamente la qualità dell'ambiente, il verde può fornire informazioni sul suo stato generale, attraverso il *biomonitoraggio*, una tecnica che utilizza l'osservazione e l'analisi degli organismi viventi per ottenere dati indicativi della qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo.

Uno degli usi più caratteristici del verde nelle città è quello che ne viene fatto lungo i percorsi, pedonali ma non solo, fra le molte tipologie di sistemazioni le principali sono:

- *Viali alberati*: è un sistema caratterizzato dall'impiego di alberi o arbusti che disposti lateralmente lungo un percorso forniscono ombra superiormente e/o lateralmente. È una tipologia molto antica che ha avuto grande diffusione in Europa dalla metà del 1500, quando in Francia i filari di olmi furono addirittura resi obbligatori su tutte le strade rurali.¹

- *Spalliere verdi*: è un sistema caratterizzato dall'impiego di arbusti e/o specie rampicanti sorretti da una struttura tutrice. Disposto lateralmente lungo un percorso fornisce ombra lateralmente.

- *Pergolati*: il sistema si distingue per l'impiego di specie rampicanti su una struttura tutrice. Il manto vegetale disposto superiormente e lateralmente crea un percorso ombreggiato e suggestivo.



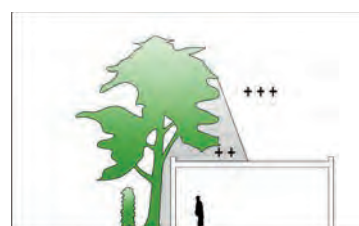
Sopra: schema di viale alberato



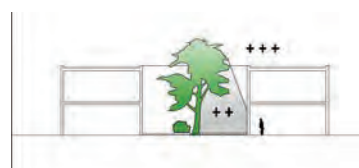
Sopra: schema di spalliere verdi



Sopra: schema di pergolato



Sopra: schema di verde lungo il perimetro dell'edificio

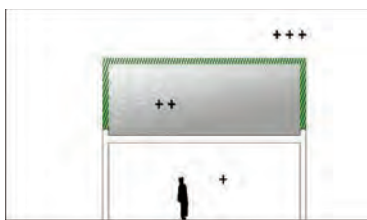


Sopra: schema di verde nelle corti

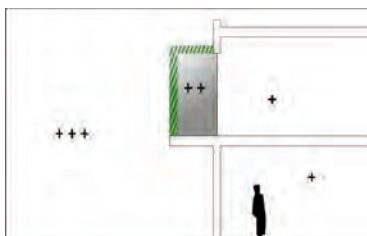


Sopra: schema di pergola addossata

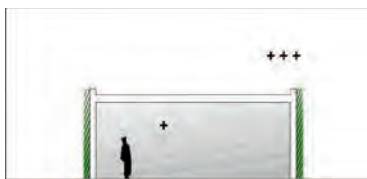
1. Romano M., *La città come opera d'arte*, Einaudi, Torino, 2008.



Sopra: schema di altana



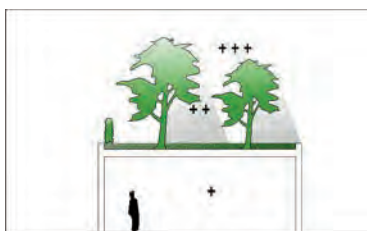
Sopra: schema di balcone



Sopra: schema di pareti verdi



Sopra: schema di finestre verdi



Sopra: schema di giardini pensili



Sopra: schema di tetto verde

3.2. Sistemi di verde a protezione e filtro dell'edificio

La collocazione del verde sull'involucro o a ridosso dell'edificio lo configura come un intermediario fra questo e l'ambiente esterno. Schermando la radiazione solare, filtrando l'aria, attenuando l'impatto dei venti, aumentando la resistenza termica e modificando gli scambi convettivi e radiativi, il verde collabora a migliorare la risposta dell'edificio alle condizioni climatiche e ad accrescere il benessere degli occupanti all'interno in molti modi. I sistemi di questo tipo possono essere descritti secondo la seguente classificazione:

- *Verde lungo il perimetro*: gli elementi vegetazionali, disposti in prossimità dell'edificio, ne controllano e ne modificano gli scambi energetici con l'ambiente.

- *Verde nelle corti*: gli elementi vegetazionali, disposti in prossimità dell'edificio, ne controllano e ne modificano gli scambi energetici con l'ambiente.

- *Pergole addossate*: il sistema è costituito da una struttura tutrice, posta a ridosso dell'edificio, sulla quale vengono fatte crescere delle specie rampicanti.

- *Altane*: posto sulle coperture piane degli edifici, il sistema è costituito da una struttura tutrice sulla quale vengono fatte crescere delle specie rampicanti.

- *Balconi*: il sistema rappresenta un inverdimento delle facciate degli edifici. Specie rampicanti vengono fatte crescere su strutture tutrici complementari ad aggetti orizzontali.

- *Pareti verdi*: il sistema rappresenta un inverdimento tipo delle facciate degli edifici. Specie rampicanti vengono fatte crescere direttamente sull'involucro edilizio o su strutture tutrici accostate. Oltre che sulla terra, le piante possono crescere anche su uno strato di feltro verticale irrigato artificialmente.

- *Finestre verdi*: il sistema rappresenta un inverdimento tipo delle facciate trasparenti degli edifici. Specie rampicanti vengono fatte crescere direttamente su strutture tutrici accostate.

- *Giardini pensili*: il sistema rappresenta un inverdimento orizzontale di strutture artificiali staccate da terra e situate a qualsiasi livello dal suolo. Le configurazioni possibili sono molte e variano in funzione del tipo di inverdimento richiesto dello spessore dello strato di terreno a disposizione e delle capacità strutturali dell'edificio.

- *Tetti verdi*: il sistema mantiene alcune caratteristiche del primo ma risultando proprio delle coperture inclinate pone dei limiti sul tipo di inverdimento. La specie più utilizzata è il sedum, una pianta xerofila con grandi capacità di adattamento che può crescere su strati di terreno sottili senza bisogno di grande manutenzione e con una scarsa irrigazione.

3.3. Sistemi di verde interno all'edificio

Sistemi che si avvalgono della presenza di vegetazione sono previsti anche per l'interno degli edifici, sia negli ambienti principali, sia, soprattutto, nei grandi spazi di transizione fra esterno e interno, di distribuzione e bioclimatici. Il ruolo del verde in questi casi è quello di migliorare il microclima del locale interessato a beneficio dello stesso, ma soprattutto degli ambienti attigui, estendendo i vantaggi all'interno dell'edificio o comunque ad una parte consistente di esso. Il raffrescamento avviene ad opera principalmente dell'evapotraspirazione, ma altri effetti positivi sono riscontrabili nella qualità dell'aria in generale, che viene filtrata, umidificata e arricchita di ossigeno.

Le tipologie di sistema più importanti sono:

- *Le serre addossate*: il sistema è costituito da elementi vetrati, addossati alle costruzioni, con funzione di accumulo energetico nella stagione invernale. La vegetazione presente all'interno della serra si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Bow-window*: il sistema è costituito da elementi vetrati, addossati alle costruzioni e posizionati a qualsiasi livello dal suolo, con funzione di captazione energetica nella stagione invernale. La vegetazione presente all'interno dei bow-windows si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Logge verdi*: il sistema è costituito da una nicchia con tamponatura vetrata, incavata nella costruzione e posizionata a qualsiasi livello dal suolo, con funzione di accumulo energetico nella stagione invernale. La vegetazione presente all'interno dei bow-windows si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

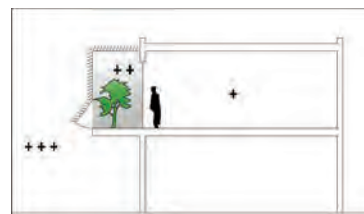
- *Buffer zone a tutt'altezza*: il sistema è costituito da un elemento vetrato addossato al costruito e con stesso sviluppo in altezza. La funzione principale è quella di accumulo energetico nella stagione invernale. La vegetazione presente all'interno dei buffer zone si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Corti verdi protette*: il sistema delimita, per mezzo di chiusure vetrate, uno spazio cuscinetto tra edifici con funzione di accumulo energetico nella stagione invernale. La vegetazione presente all'interno si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Grandi serre con piccole unità edilizie addossate*: il sistema, per mezzo di grandi superfici vetrate, sfrutta l'accumulo energetico nella stagione invernale a favore della serra e delle unità edilizie adiacenti. La vegetazione presente all'interno si



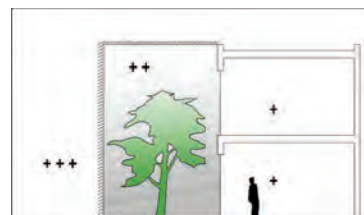
Sopra: schema di serra addossata



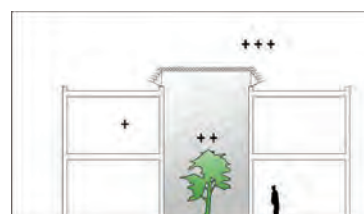
Sopra: schema di bow window



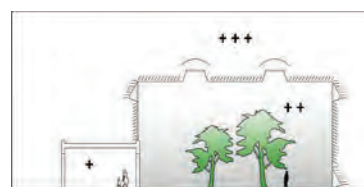
Sopra: schema di loggia verde



Sopra: schema di buffer zone



Sopra: schema di corte verde protetta



Sopra: schema di grande serra con piccole unità edilizie addossate



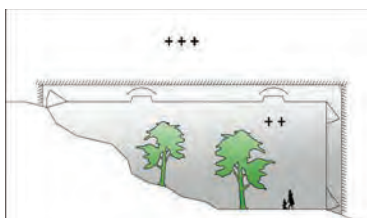
Sopra: schema di atrio a basamento



Sopra: schema di atrio ad altezza intermedia



Sopra: schema di atrio a copertura



Sopra: schema di serra che sfrutta la massa termica del terreno



Sopra: schema di serra



Sopra: schema di serra contenitrice di unità edilizia

pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Atrii a basamento*: il sistema delimita, per mezzo di tamponature vetrate, spazi cuscinetto integrati nella base dell'edificio. La funzione principale è di accumulo energetico durante la stagione invernale. La vegetazione presente all'interno si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Atrii ad altezza intermedia*: il sistema delimita, per mezzo di tamponature vetrate, spazi cuscinetto integrati nell'edificio e posti ad un'altezza intermedia rispetto al suolo. La funzione principale è di accumulo energetico durante la stagione invernale. La vegetazione presente all'interno si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Atrii a copertura*: il sistema delimita, per mezzo di tamponature vetrate, spazi cuscinetto integrati nella copertura dell'edificio. La funzione principale è di accumulo energetico durante la stagione invernale. La vegetazione presente all'interno si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Serre che sfruttano la massa termica del terreno*: il sistema in questione sfrutta, al fine dell'accumulo energetico invernale, le proprietà delle masse termiche e l'effetto serra ottenuto con grandi chiusure trasparenti. La vegetazione presente all'interno si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Serre*: sono costruzioni trasparenti con funzione di accumulo energetico durante l'inverno. La vegetazione presente all'interno si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

- *Serre contenitore di unità edilizie*: il sistema garantisce un guadagno termico invernale nei confronti delle unità protette dall'involucro trasparente. La vegetazione presente all'interno si pone a controllo del microclima evitandone il surriscaldamento estivo e trattandone l'aria.

4. RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI MASSE INTEGRATE NELL'ARCHITETTURA

4.1. sistemi di massa muraria in rapporto all'involucro

Il ruolo delle masse termiche nel raffrescamento passivo è quello di gestire il calore nel modo più vantaggioso possibile per l'edificio. Si tratta di ritardare l'effetto dell'irraggiamento solare e, più in generale, di produrre quell'*effetto volano* già descritto nel primo capitolo. Miglioramenti molto significativi in un ambiente possono infatti essere ottenuti - a parità di bilancio energetico complessivo - semplicemente evitando che grandi quantità di energia si concentrino in un breve lasso di tempo nelle ore più calde della giornata. Il periodo più critico si registra tipicamente nel primo pomeriggio, quando le temperature dell'aria esterna raggiungono il picco giornaliero, l'irraggiamento solare è intenso e le fonti di calore interne all'edificio sono almeno in parte operative. Assorbire questo calore concentrato per restituirlo con un certo ritardo, distribuendolo in un tempo più lungo ed in momenti più favorevoli, significa aver risolto buona parte dei problemi legati al comfort estivo. È questo l'obiettivo che si desidera realizzare attraverso l'impiego di murature massive, ma più in generale delle masse termiche integrate nell'architettura.

Le prestazioni di una parete sono caratterizzate, tra l'altro, da due importanti parametri definiti come *tempo di ritardo* e *smorzamento*. Le due grandezze si riferiscono al comportamento di una parete esposta a variazioni periodiche regolari della temperatura esterna, un regime che riproduce abbastanza fedelmente le naturali escursioni termiche giornaliere. In funzione della propria massa e del proprio spessore la parete ridurrà l'oscillazione fra la temperatura massima e quella minima e la trasmetterà con un certo ritardo. Il rapporto percentuale fra l'oscillazione della temperatura esterna e quella dell'aria è lo smorzamento, mentre il periodo che intercorre fra l'oscillazione esterna e quella della parete è il tempo di ritardo. Quanto più piccolo sarà lo smorzamento e più lungo il tempo di ritardo, tanto migliori saranno le prestazioni della parete, proprio perché risulteranno attenuati gli effetti dell'escursione termica e le temperature si avvicineranno alla media giornaliera durante l'intero arco delle 24 ore. Nelle grotte, dove questo fenomeno è spinto all'estremo grazie alla presenza di *pareti* eccezionalmente spesse e massive, le temperature interne si attestano costantemente attorno alla media annuale dell'aria esterna.

Le diverse maniere di integrare sistemi di massa muraria nell'edificio possono riassumersi in quattro tipologie di sistemi:
- *Massa integrata completamente o prevalentemente con l'involucro*: si tratta di un involucro massivo che serve a stabiliz-

zare il comportamento dell'edificio attraverso l'assorbimento e la cessione graduale del calore.

- *Massa integrata in copertura o perimetralmente con l'involucro*: le due alternative sono l'esito di diverse strategie per il controllo ambientale. La parte di involucro svincolata dalla massa può essere più agevolmente utilizzata la ventilazione e l'illuminazione naturale, laterale o dall'alto, ma questa non è l'unica conseguenza della differente disposizione della massa. Quando questa è collocata in copertura garantisce una protezione maggiore dall'irraggiamento solare estivo che insiste soprattutto sulle superfici orizzontali. Per il verso opposto, una copertura leggera è in grado di raffreddarsi più rapidamente durante la notte, irraggiando calore verso il cielo e raffreddando indirettamente gli ambienti sottostanti. Nell'architettura tradizionale del mediterraneo, edifici di questo tipo, in cui l'accumulo termico è affidato alle pareti, presentano spesso superfici voltate, che si proteggono dal soleggiamento distribuendo la radiazione su una superficie più ampia di quella di un tetto orizzontale. Alle latitudini italiane, i lati più esposti all'irraggiamento estivo sono quelli a est e ovest.

- *Massa integrata unilateralmente o parzialmente con l'involucro*: in questo caso la massa viene solo concentrata in alcune zone limitate. L'involucro può essere così maggiormente differenziato per rispondere meglio ad altre esigenze ambientali o semplicemente estetiche.

- *Massa orizzontale o verticale non integrata nell'involucro*: le masse si trovano all'interno, integrate nei solai o nei setti. È una soluzione che consente di trattare l'involucro edilizio in maniera più libera. Anche se le masse non sono esposte all'irraggiamento conservano l'effetto volano dovuto all'aumento dell'inerzia termica complessiva dell'edificio.

4.2. Sistemi di massa di suolo in rapporto all'involucro

Il terreno si presta particolarmente bene ad essere utilizzato come elemento di stabilizzazione delle condizioni ambientali interne degli edifici grazie alle sue caratteristiche di elevata massa ed inerzia termica. Se l'andamento della temperatura degli strati più superficiali è fortemente legato alle condizioni dell'aria esterna, scendendo in profondità le condizioni diventano sempre più stabili, fino ad arrivare ad una temperatura costante che può essere approssimata con il valore medio annuale dell'aria esterna. Le profondità che possono essere sfruttate tramite il contatto diretto con l'edificio sono naturalmente limitate a pochi metri, dove le oscillazioni, di 7-8°C nell'arco dell'anno, sono comunque già molto limitate rispetto a quelle dell'aria, che ha variazioni comparabili nell'arco di una singola giornata.

I sistemi per integrare la massa termica del terreno nel funzionamento dell'edificio sono essenzialmente quattro:

- *Massa integrata completamente o prevalentemente con l'involucro*: è la soluzione più radicale e utilizza strutture interamente o parzialmente ipogee che, diversamente dagli edifici comuni, scambiano con l'ambiente principalmente per conduzione, sfruttando le condizioni più stabili del terreno rispetto a quelle dell'aria esterna. I maggiori problemi posti da una scelta di questo tipo riguardano le maggiori difficoltà nell'illuminazione e nell'aerazione naturale. Sarà inoltre necessario porre una particolare attenzione all'impermeabilizzazione dell'involucro ed ai problemi di umidità.

- *Massa integrata in copertura o perimetralmente con l'involucro*: le due alternative ripropongono le differenze descritte per i sistemi a massa muraria, ma in questo caso condizionano fortemente anche il rapporto dell'edificio con il contesto ed il suo schema distributivo.

- *Massa integrata unilateralmente o parzialmente con l'involucro*: si tratta di edifici addossati al terreno o parzialmente interrati. In questo caso il contatto con la massa è meno condizionante per l'architettura dell'edificio, ma gli scambi conduttivi con il suolo rimangono rilevanti, continuando ad attenuare gli effetti delle escursioni termiche esterne.

- *Massa non integrata in adiacenza o interna all'involucro*: una massa termica importante, in adiacenza all'edificio è in grado di influenzarne il comportamento anche senza contatto, sia modificando il regime del soleggiamento sull'involucro, sia scambiando direttamente con esso, questa volta per irraggiamento invece che per conduzione. Una massa interna invece, anziché modificare gli scambi esterni dell'edificio, agisce direttamente sugli ambienti, assorbendo e rilasciando calore in maniera pressoché inversa rispetto all'involucro e producendo così un effetto volano che attutisce l'impatto delle condizioni climatiche esterne.

4.3. Sistemi di massa d'acqua in rapporto all'involucro

Le masse termiche realizzate con l'acqua presentano due differenze importanti rispetto a quelle che utilizzano materiali solidi. La prima è dovuta all'evaporazione, che comporta una sottrazione di energia (calore latente di evaporazione) all'ambiente o ai corpi a contatto con l'acqua, con conseguente abbassamento della temperatura, nel modo già descritto nei capitoli precedenti. La seconda riguarda il modo con cui il calore si propaga all'interno dei liquidi e cioè prevalentemente per convezione.

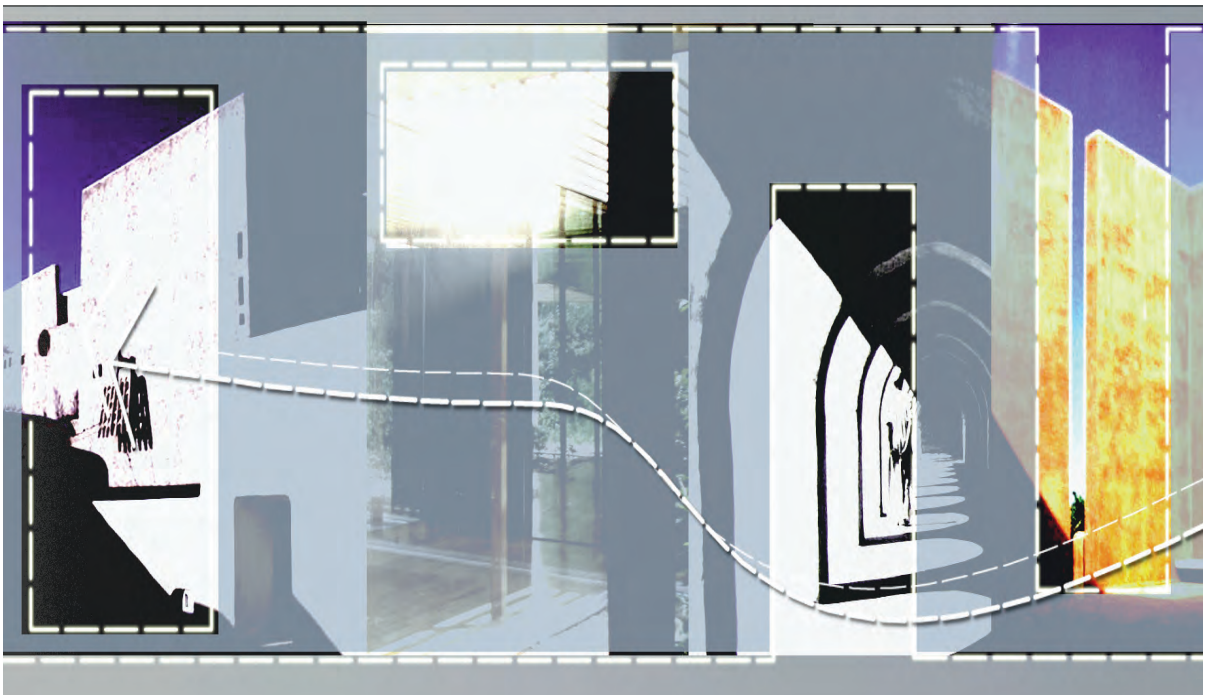
Dunque, a differenza di quanto avviene nei solidi, l'energia non viene trasferita da una parte all'altra secondo un campo

termico che da origine a superfici isoterme (nel caso più semplice di una lastra), ma si distribuisce molto rapidamente all'interno della massa attraverso gli spostamenti di materiali che vanno sotto il nome di moti convettivi. Ciò elimina il ritardo fra una faccia e l'altra, ad esempio di una copertura massiva, ma consente di accumulare e cedere il calore più rapidamente e quindi in quantità superiori.

I due sistemi di cui ci si può avvalere nell'utilizzo di masse d'acqua sono:

- *Massa integrata in copertura o prevalentemente con l'involucro*: in questo caso l'acqua media e modifica le interazioni fra l'edificio e l'ambiente. In copertura, il sistema noto come *roof pond* è uno dei più efficaci perché dispone la massa in un punto critico per l'irraggiamento estivo; inoltre, i dispositivi mobili di isolamento e schermatura rendono il sistema molto flessibile e utile durante l'intero anno, anche come sistema di accumulo termico invernale.

- *Massa non integrata intorno o adiacente all'involucro*: è una soluzione che modifica le condizioni dell'edificio indirettamente, agendo sul microclima esterno e sull'aria utilizzata per la ventilazione. Va sempre tenuto presente che gli effetti positivi dell'evaporazione sulle temperature dell'aria sono contestuali ad un aumento dell'umidità relativa rendendo l'utilizzo di tali sistemi sconsigliabili in climi o contesti umidi.



5. RAFFRESCAMENTO PASSIVO CON IMPIEGO DI SPAZI BIOCLIMATICI INTEGRATI NELL'ARCHITETTURA

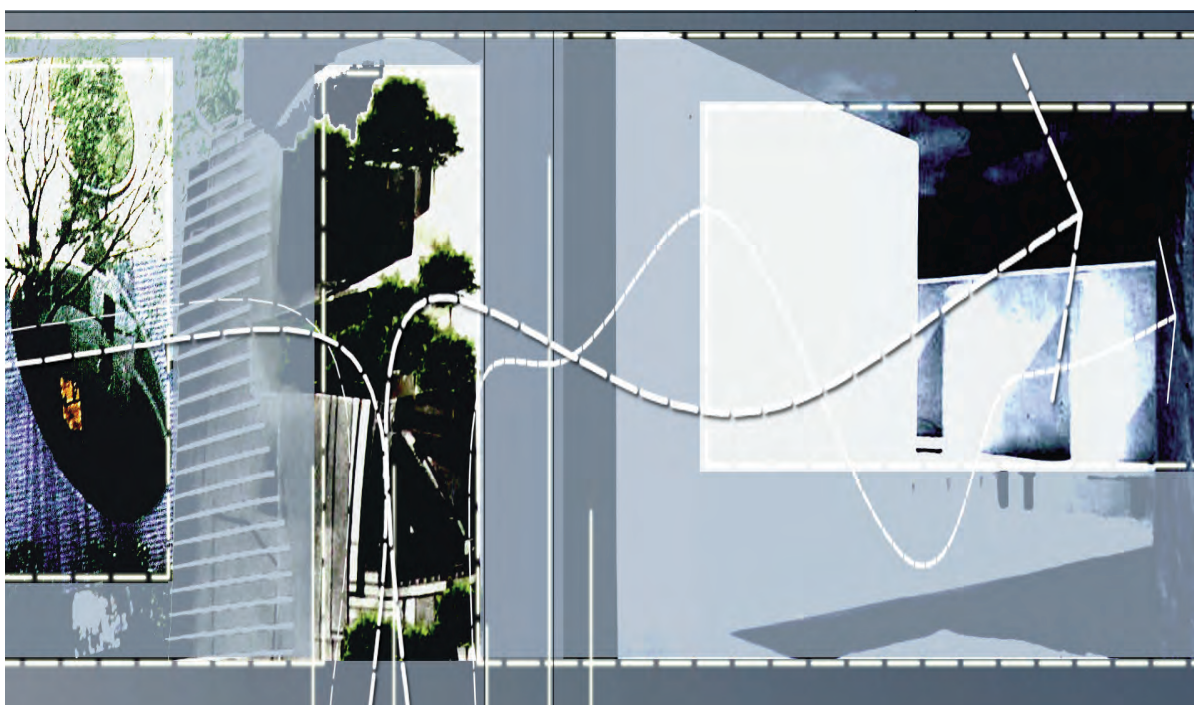
5.1. Spazi bioclimatici a patio

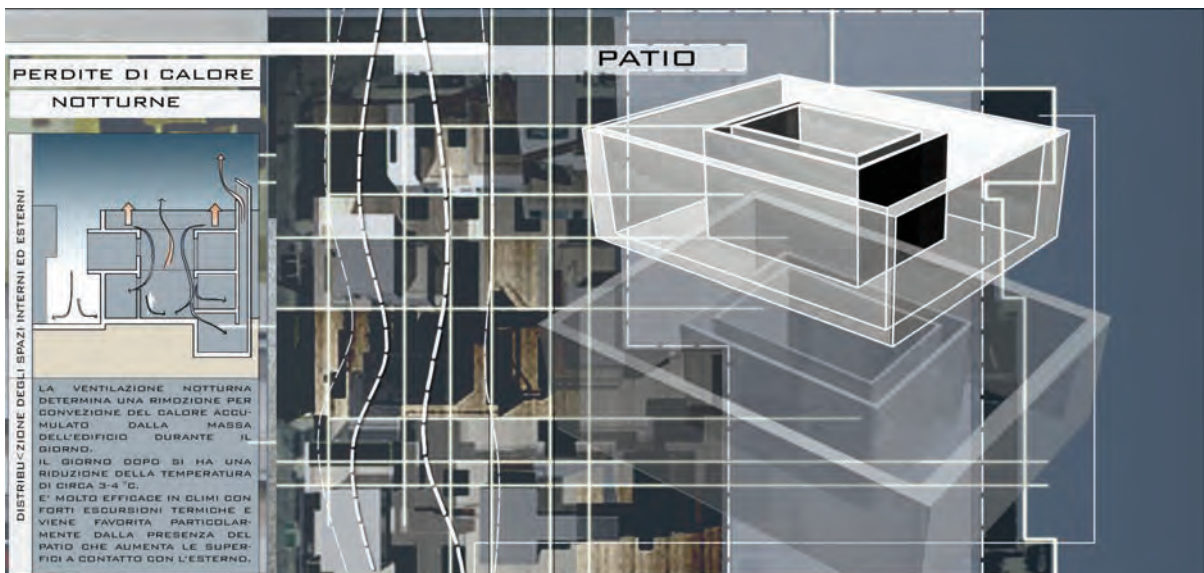
Il patio è uno spazio aperto integrato nel volume dell'edificio (tipicamente si tratta di edifici bassi), che consente di portare aria e luce in profondità e di modificare le interazioni con l'ambiente esterno. L'assetto geometrico, l'esposizione e le proporzioni del patio possono essere studiati in rapporto alle condizioni climatiche in modo da ottenere una ventilazione, un soleggiamento ed un ombreggiamento ottimale nelle diverse stagioni, anche facendo ricorso a dispositivi mobili di apertura e di schermatura degli spazi. In riferimento al raffrescamento naturale, la presenza di verde e di acqua possono integrare il funzionamento bioclimatico dell'elemento, provvedendo a raffrescare ed umidificare l'aria che lo attraversa.

Le principali tipologie di patio, sistematizzate secondo il rapporto col complessivo volume esterno dell'edificio, sono:

- *Patio centrale*: è un elemento architettonico tradizionalmente utilizzato per garantire, contestualmente alla protezione dall'esterno, illuminazione e ventilazione adeguate all'edificio, unite al un controllo degli effetti della radiazione solare.

- *Patio contiguo a due lati adiacenti*: si tratta di un patio in posizione perimetrale, che assume anche un ruolo di mediazione fra gli ambienti interni dell'edificio e lo spazio esterno. Viene comunque conservato il carattere di spazio aperto confinato e integrato nell'edificio, che mette in relazione tra loro le diverse parti affacciate su di esso.





- *Patio contiguo a due lati opposti*: è di nuovo uno spazio centrale, anche se delimitato dagli ambienti interni solo su due lati che si fronteggiano. rispetto alle tipologie precedenti può essere maggiormente ventilato sfruttando i due lati esterni.

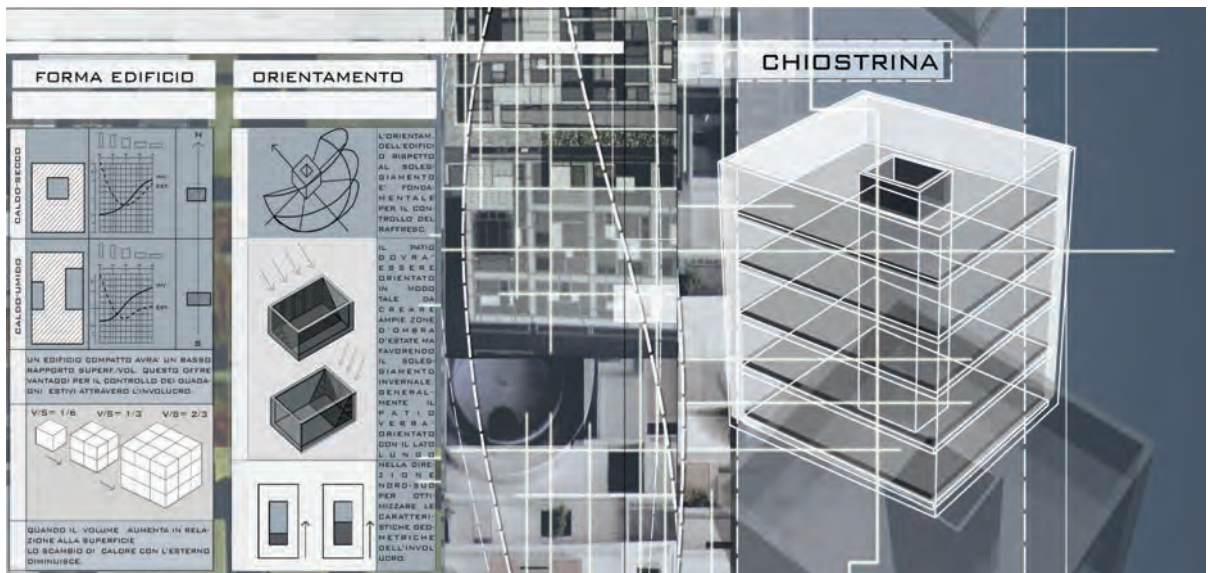
- *Patio contiguo ad un lato*: è circondato per tre lati dall'edificio e con il quarto adiacente al perimetro esterno. rimane essenzialmente uno spazio centrale, ma il lato esterno consente di conferire al patio un orientamento più specifico in relazione alla radiazione solare ed al clima del luogo in generale.

- *Patio sospeso*: in questo caso l'elemento è integrato nell'edificio, su uno o più piani, ad un livello elevato da terra. L'affaccio esterno può essere superiore, quando il patio si trova in copertura, o laterale, quando lo stesso è adiacente al perimetro dell'edificio ad un livello intermedio.

- *Patio sospeso misto*: è una soluzione più articolata, in cui lo spazio del patio può avere diversi affacci esterni e diramazioni sia in pianta che in alzato. Può essere una soluzione ottimale per la ventilazione estiva, in quanto consente contemporaneamente il passaggio agevole dell'aria e la possibilità di mantenere vaste zone perennemente ombreggiate.

5.2. Spazi bioclimatici a chiostrina

Le chiostrine sono tipicamente dei vuoti verticali, profondi in altezza e relativamente piccoli in pianta, realizzati all'interno di edifici multipiano per provvedere di luce, ma soprattutto di aria naturale gli spazi che non godono di un affaccio esterno. Il sistema può comunque presentarsi in diverse varianti, compresa quella chiostrina laterale, con un fronte completamente aperto all'esterno che lascia passare l'aria, pur tenendo quasi sempre in ombra i tre lati rimanenti.



Come il patio, le chiostrine possono essere integrate con una presenza di verde - sempre utile per il filtraggio, il raffrescamento e l'umidificazione dell'aria esterna prima dell'immissione nell'edificio - e di dispositivi mobili per la chiusura e la schermatura dello spazio, come vetrate apribili e frangisole.

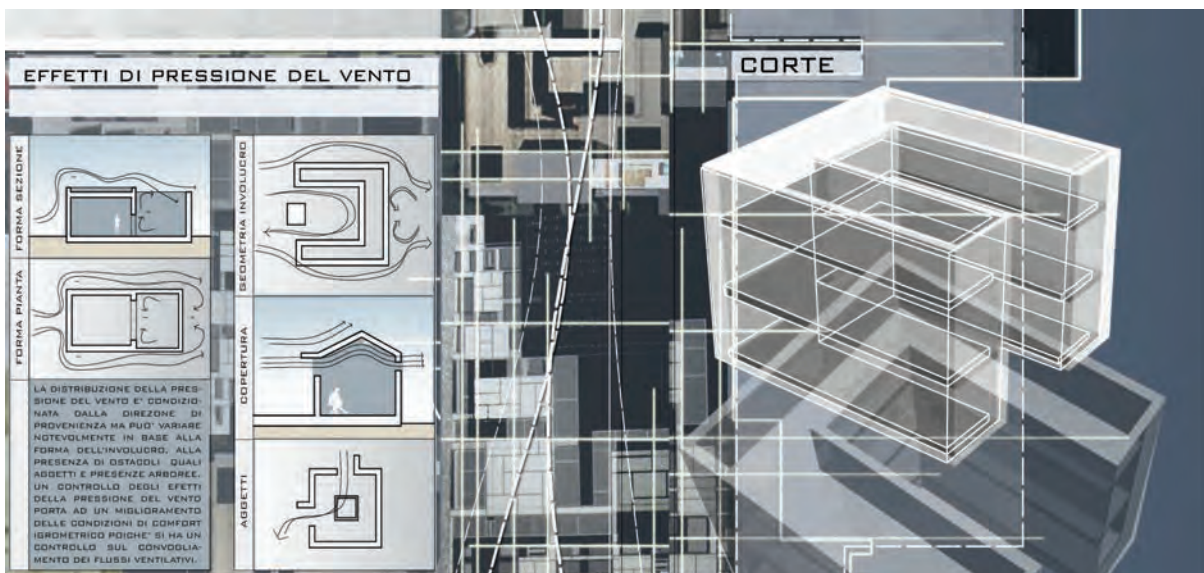
Si possono distinguere due tipologie principali:

- *Chiostrina*: è il sistema più comune, può essere centrale o laterale, ma presenta comunque una continuità verticale per tutta l'altezza dell'edificio. Nel caso della chiostrina centrale, la ventilazione avviene soprattutto grazie all'effetto camino, con un tiraggio dagli ambienti interni attraverso le finestre, ed eventualmente anche da un piano terra aperto su pilotis. Le chiostrine con uno o due lati aperti possono invece contare sugli effetti del vento.

- *Chiostrine miste*: sono spazi dall'articolazione spaziale più complessa, derivati dall'integrazione di soluzioni diverse. Possono sommare più chiostrine semplici o avere aperture sia laterali che superiori, per incrementare il flusso di aria offrendo comunque un'efficace protezione solare.

5.3. Spazi bioclimatici a corte

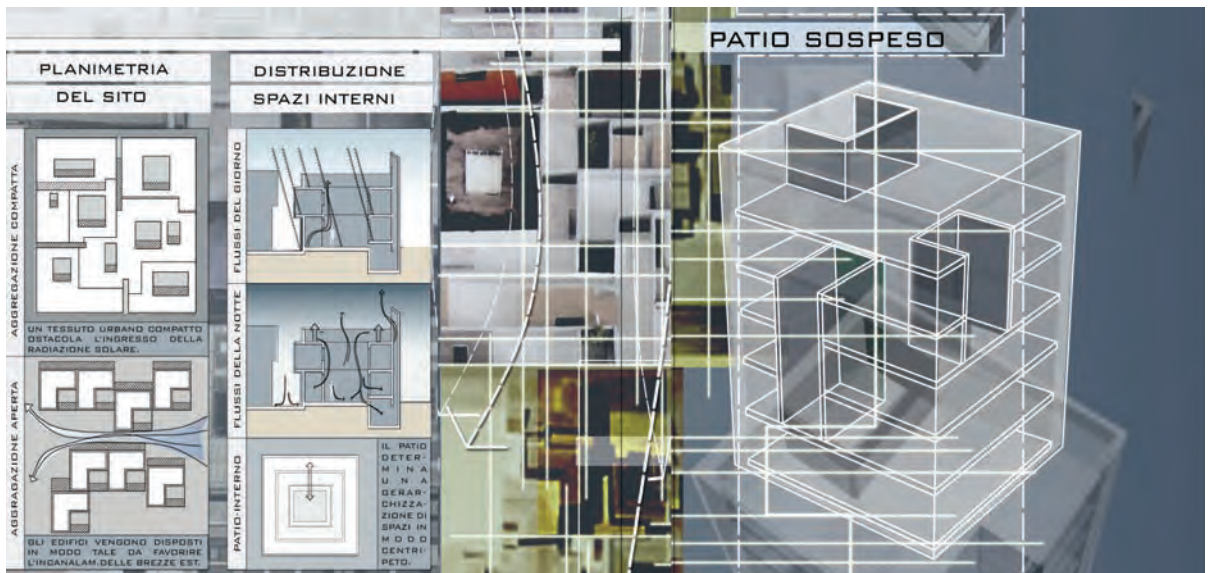
La corte è uno spazio centrale aperto molto esteso - più ampio di una chiostrina e più alto di un patio - attorno al quale si raccolgono i volumi dell'edificio. Può essere aperta anche su uno o più lati per favorire l'ingresso dei venti e contenere verde e acqua per migliorarne il microclima, soprattutto in estate. Il verde può essere utilizzato anche in copertura, dove piante rampicanti caducifoglie possono fungere da elemento schermante in estate.



Tali accorgimenti, così come il trattamento delle superfici che delimitano la corte, sono fondamentali perchè la stessa forniscia effettivamente un contributo al raffrescamento estivo dell'edificio. Per ottimizzare il funzionamento di un elemento morfologico come la corte, è infatti possibile e opportuno integrare nel sistema elementi tecnologici, naturali o di massa, come schermature frangisole, pareti d'acqua o pareti verdi.

In generale, le configurazioni possibili sono essenzialmente quattro:

- *Corte centrale*: è la soluzione più tipica e prevede un vuoto centrale circondato su tutti i lati da uno o più edifici, la continuità dei quali può essere interrotta da aperture verticali, possibilmente disposte in modo da favorire il passaggio dei venti estivi.
- *Corte aperta su un lato*: i volumi edificati lasciano un lato libero, che disposto a mezzogiorno favorisce l'ingresso del sole invernale, continuando a garantire un certo ombreggiamento in estate attraverso le ali laterali sporgenti. Il lato aperto può comunque essere filtrato o schermato da elementi architettonici (anche regolabili) o vegetali, che conferiscono alla corte una certa flessibilità nel corso dell'anno.
- *Corte aperta su due lati*: è probabilmente la tipologia che riesce a sfruttare meglio le potenzialità raffrescanti del vento, dato che può convogliare le correnti d'aria in un vero e proprio canale, disponendo le due aperture frontalmente per ottenere la massima differenza di pressione.
- *Corte centrale mista*: si tratta di uno spazio articolato che può integrare caratteristiche appartenenti a diverse tipologie per ottenere una combinazione ottimale per l'ombreggiamento e la ventilazione dell'edificio.



5.4. Spazi bioclimatici in aggregazione

Le condizioni interne di un edificio sono fortemente influenzate da quelle microclimatiche nel suo intorno, che a loro volta risentono del tipo di tessuto urbano che caratterizza il luogo. Un sistema di spazi bioclimatici su scala maggiore di quella del singolo edificio, può contribuire a conformare l'insediamento come una aggregazione compatta ma *porosa*, con un sistema di vuoti che favorisce la circolazione dell'aria mantenendo comunque le singole unità protette dall'irraggiamento solare.

I diversi tipi di aggregazione possono essere ricondotti a due categorie principali:

- *Aggregazioni orizzontali*: sono sistemi di vuoti verticali, come patii o corti, che possono essere aggregati secondo diverse modalità a seconda della strategia adottata. Ad esempio un allineamento secondo la direzione delle correnti estive favorisce la ventilazione, mentre un'aggregazione compatta offre una maggiore protezione dall'irraggiamento solare.

- *Aggregazioni verticali*: sono sistemi che presuppongono una comune organizzazione spaziale verticale all'interno di un insediamento, ancora una volta con diverse modalità possibili. Uno dei sistemi più diffusi consiste nel sollevare i volumi da terra facendo ricorso ai pilotis, in modo da favorire il passaggio dei venti, ma rientra in questa categoria anche l'uso diffuso e sistematico di spazi bioclimatici in verticale, come i patii sospesi.

Luogo: Hialeah, Florida

Anno: 1979

Progettista: Site Projects, Inc

Contesto: media densità urbana

Latitudine: 25° 49' 37,57" N

Zona climatica: caldo umido

Hialeah showroom

La Hialeah showroom fa parte del ciclo di progetti commissionati dalla catena di negozi Best ai Site, gruppo interdisciplinare formatosi a New York nel 1970 composto di architetti, artisti, grafici, tecnici e ricercatori. Il progetto mette in relazione l'edificio, la strada e l'ambiente naturale della Florida. La facciata della struttura rappresenta un microcosmo del paesaggio del luogo, compresa l'acqua, la vegetazione, la sabbia, la terra e i sassi. Attraverso un vetro sfuocato dalla continua cascata di acqua, si intravede una sezione di paesaggio dalla terra fino al cielo. Contrariamente all'uso tradizionale e fondamentalmente statico della scultura e degli accessori decorativi, l'immaginario della Hialeah Showroom è sia mobile che in evoluzione dove il microcosmo racchiuso in facciata tra pareti di vetro, vive in un microclima influenzato dalla compresenza di acqua e vegetazione. Il raffrescamento di questo spazio intermedio determina il conseguente raffrescamento dello spazio interno e aiuta il mantenimento della temperatura ottenuta agendo da strato cuscinetto tra l'interno e l'esterno.



Museo Sayamaike

Il museo si trova nell'estrema periferia di Osaka e si relaziona con un sito percorso da numerose opere idrauliche per controllare i numerosi corsi d'acqua presenti nella zona. L'edificio si erge come simbolo della capacità dell'uomo di controllare l'acqua, la pura forma geometrica del linguaggio di Ando si presta ad essere lo strumento regolatore della fluidità informe dell'acqua. Nonostante la spinta progettuale nell'uso dell'acqua non abbia mire bioclimatiche, l'acqua assume sempre un ruolo importante in molti dei suoi progetti, diventa materia dell'architettura, infatti scrive: *"L'acqua ha lo strano potere di stimolare la fantasia e di svelare le possibilità della vita; un mondo monocromatico ma dove si possono percepire infiniti riflessi di colore. È uno specchio e penso che vi sia una profonda relazione fra l'acqua e lo spirito umano."* Tadao Ando, From the periphery of Architecture, 1991

Luogo: Osaka, Giappone

Anno: 2003

Progettista: Tadao Ando

Contesto: Alta densità urbana

Latitudine: 25° 49' 37,57" N

Zona climatica: temperata

TADAO ANDO : MUSEO SAYAMAIKE



COMPRESENZA DI PIÙ SISTEMI INTEGRATI IN UNO STESSO COMPLESSO, OGNIUNO CONTRIBUISCE IN MODO DIVERSO AL RAFFRESCAMENTO PASSIVO.

tetto integrato con acqua

parete integrata con acqua

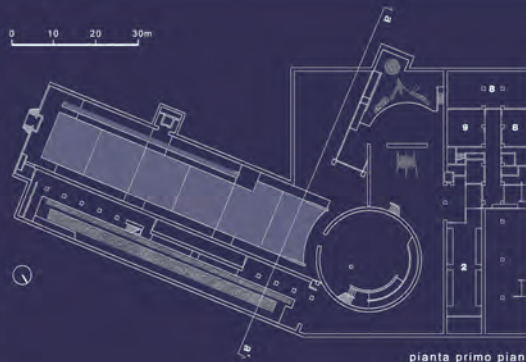
parete d'acqua

cascata con vaporizzazione

bacino d'acqua

tetto integrato con acqua

0 10 20 30m



pianta primo piano

LA PARETE È COMPOSTA DA UN PACCHETTO IN CUI IL CEMENTO È PROTETTO ESTERNAMENTE DA UN STRATO D'ACQUA. LO STRATO D'ACQUA, ESPOSTO DIRETTAMENTE ALLE RADIAZIONI SOLARI, EVAPORANDO RIDUCE LA TEMPERATURA SUPERFICIALE DELLA PARETE QUINDI QUELLA RADIANTE INTERNA E ALLO STESSO TEMPO MITIGA LA TEMPERATURA DEGLI SPAZI ESTERNI. INOLTRE EVAPORA ANCHE L'ACQUA NEI BACINI POSTI SUL TETTO FACILITATA DALLA VAPORIZZAZIONE PRODOTTA CON LA CADUTA A CASCATA. DAL MOMENTO CHE IL PROCESSO EVAPORATIVO AVVIENE COMPLETAMENTE ALL'ESTERNO, NON C'È AUMENTO DI UR% ALL'INTERNO DELL'EDIFICIO. DI NOTTE, LA TEMPERATURA DELL'AMBIENTE INTERNO DIPENDE DALLA RIEMISSIONE DI CALORE DELLE PARETI CHE LO DELIMITANO, INFATTI IL CALORE ACCUMULATO DURANTE IL GIORNO DALLE MASSE MURARIE È RESTITUITO DURANTE LA NOTTE E DIPENDE DALL'INERZIA TERMICA DEI MATERIALI UTILIZZATI. LA PARETE INTEGRATA CON ACQUA SARÀ QUELLA PIÙ FREDDA, QUINDI QUELLA CHE RESTITUIRÀ IL MINORE CALORE DURANTE LA NOTTE. L'ACQUA SI TROVA AD ESSERE INTEGRATA A PARETE E SUL TETTO TRA CASCATE, BACINI DI RACCOLTA E VEDI LUNGO LE PARETI. L'INTERIO CONCEPT PROGETTUALE RUOTA ATTORNO ALL'ACQUA, ALLA SUA DINAMICA E ALLE SUE RISORSE. -

Luogo: Montpellier, Francia
 Anno: 2019
 Progettista: Fujimoto, OXO Architects, Roussel
 Contesto: Alta densità urbana
 Latitudine: 43°36'21" N
 Zona climatica: temperata



L'Arbre Blanc

Denominato "L'albero bianco", questo edificio al ridosso del fiume Lez, è di tipo residenziale costruito per il concorso "Le follie di Montpellier", ha riscosso un enorme successo vincendo anche il concorso come progetto migliore. L'idea degli architetti che hanno dato vita a questa opera, era quella di fondere la natura mediterranea con il purismo giapponese portato in questo edificio da Sou Fujimoto. L'edificio, bianco, ospita 15 piani abitati e due piani, quello di terra e l'ultimo, che ospitano delle funzioni per il pubblico come una Galleria d'arte e un bar-Ristorante.

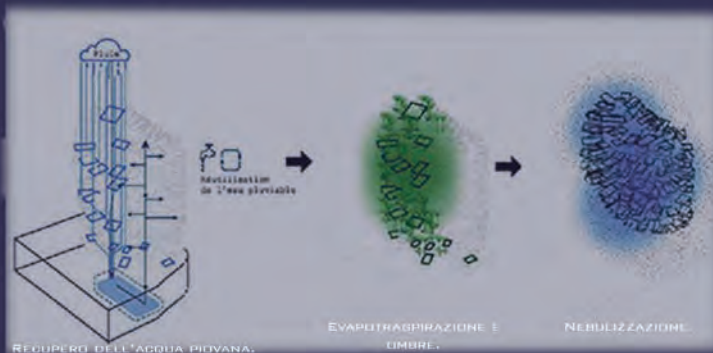
L'edificio è famoso per la sua forma ad "albero" appunto, che gli è stata data grazie allo studio della struttura in modo tale che questa potesse offrire delle viste ampie per tutti gli appartamenti e soprattutto questa forma ad albero viene evidenziata anche grazie ai balconi e alle pergole che aggettano con una certa importanza.

FUJIMOTO, OXO ARCHITECTS & ROUSSEL: ARBRE BLANC



IL LAVORO DEI BALCONI CHE SPORGONO COSÌ TANTO, È QUELLO DI CREARE DELLE SITUAZIONI DI UMIDITÀ TRAMITE IL VERDE CHE È PRESENTE IN ESSI E DI FAR EVAPORARE L'ACQUA PIOVANA CHE RIESCONO A CAPTARE E RACCOGLIERE PER RAFFRESCARE COSÌ I VARI APPARTAMENTI.

SCHEMA RIUTILIZZO DELLE ACQUE.



S-SPACE

Costruita nei pressi di Ha Nam, S-Space è un'architettura simbolo della terra Vietnamita. Questa è stata infatti costruita come "urla di protesta" nei confronti delle costruzioni abominevoli e irrispettose verso il territorio che è ricco di pietre che vengono estratte quotidianamente in maniera illegale. L'edificio è stato costruito unicamente con materie prime del territorio come la paglia e il bamboo, fino alle pietre che costituiscono elementi murari portanti e dei ferri che fanno da trabeazione per il sopralco. Tutti questi materiali sono accomunati da un'unica cosa: il Riciclo. Sono infatti tutti materiali di scarto presi per tutta la città. Cuoriose sono invece le travi di ferro. Queste sono i pezzi delle impalcature usate per la costruzione.

Luogo: Ha Nam, Vietnam

Anno: 2018

Progettista: H&P Architects

Contesto: Bassa densità urbana

Latitudine: 20° 49' 26" N

Zona climatica: subtropicale



H&P ARCHITECTS: S-SPACE



LA S-SPACE È CIRCONDATA DA UN LAGHETTO ARTIFICIALE CHE CREA UN AMBIENTE UMIDO-FRESCO, AIUTATO ANCHE DAGLI ALBERI CHE SI TROVANO ALL'INTERNO DI QUESTO. IN PIÙ, IN COPERTURA È PRESENTE UN IMPIANTO DI NEBULIZZAZIONE CHE AIUTA A PULIRE IL TETTO E SOPRATTUTTO AIUTA A RINFRESCARE L'ARIA NEI PERIODI CALDI DELL'ANNO.



SCHEMA DEL SISTEMA DI RAFFRESCAMENTO



NEBULIZZATORI IN COPERTURA.

SCHEMA DELL'EDIFICIO.



Luogo: Da Nang, Vietnam
 Anno: 2016
 Progettista: Ho Khue Architects
 Contesto: alta densità urbana
 Latitudine: 16°03'19"N
 Zona climatica: tropicale

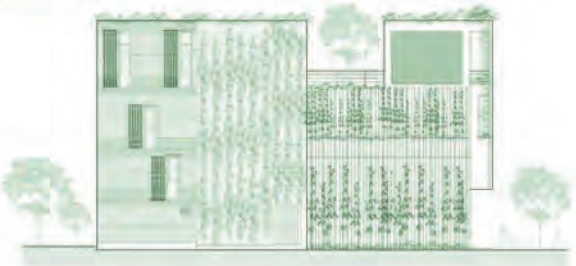
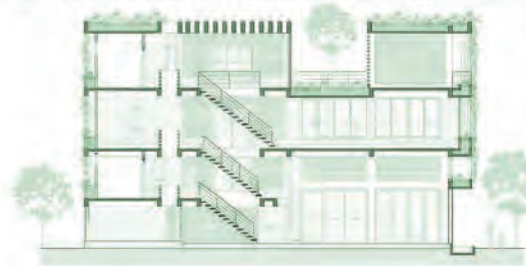
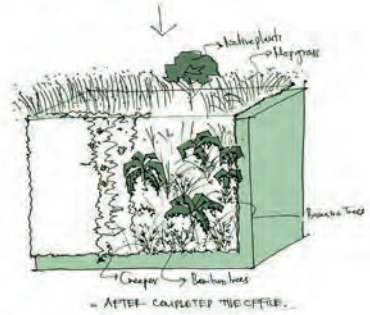
The Modern Village Office

L'edificio sorge su un lotto urbano che, in origine, conteneva alcune vecchie strutture e piante autoctone. Gli architetti del gruppo Ho Khue Architects hanno preso in considerazione lo stato naturale del sito utilizzando la vegetazione esistente come parte integrante dell'ufficio. Infatti l'aspetto attuale è rilassante, naturale e ricco di specie vegetali locali che circondano la struttura. Il verde continua in tutti gli spazi interni, con banani al primo piano e piante sospese in ogni angolo. Anche la copertura è rivestita da essenze arboree differenti. Nonostante la valenza principalmente evocativa ma anche architettonica di queste soluzioni, dal punto di vista bioclimatico il verde presente svolge una funzione di raffrescamento passivo, limitando il surriscaldamento degli ambienti interni e della copertura. La facciata a sud-ovest è costituita da elementi di cemento forato che consentono il flusso d'aria delle brezze oceaniche. L'interno è illuminato naturalmente da un'abbondanza di finestre e terrazze aperte che si prestano come aree tranquille per riunioni e relax.



THE MODERN OFFICE

THE MODERN OFFICE È IN GRADO DI PROTEGGERE L'AFOSSO CLIMA TROPICALE DEL VIETNAM. LE STRATEGIE UTILIZZATE, QUALI L'USO INTENSIVO DEL VERDE SIA IN COPERTURA CHE COME SISTEMA DI SCHERMATURA DELLE PARETI, GARANTISCE AMBIENTI FRESCHI E VIVIBILI GRAZIE AL RAFFRESCAMENTO PASSIVO. INFATTI IL PERIMETRO DELL'EDIFICIO È COSTITUITO DA UN SISTEMA DI ELEMENTI FORATI IN FACCIATA CHE PERMETTONO L'AREAZIONE DEGLI AMBIENTI INTERNI CHE A LORO VOLTA SONO SCHERMATI DALLE ESSENZE ARBOREE PRESENTI. PER RESISTERE AL CALORE CHE MINIMIZZA LE RADIAZIONI TERMICHE NELLA STAGIONE CALDA DEL CLIMA TROPICALE, LA FACCIATA FUNZIONA COME UNO SPAZIO CUSCINETTO MANTENENDO UNA TEMPERATURA MITE ALL'INTERNO. ANCHE LA COPERTURA PARTECIPA AL BENESSERE TERMOIGROMETRICO NELL'EDIFICIO POICHÉ SI PRESENTA COME UN ISOLAMENTO AGGIUNTIVO, EVITANDO COSÌ DI FAR SURRISCALDARE GLI AMBIENTI.



Luogo: Ho Chi Minh, Vietnam
 Anno: 2011
 Progettista: Vo Trong Nghia
 Contesto: alta densità urbana
 Latitudine: 10° 46' 10" N
 Zona climatica: subtropicale

Stacking Green House

L'abitazione sorge nella città di Ho Chi Minh, un centro urbano ad alta densità abitativa, è una tipica "casa a tubo" vietnamita, progettata da Vo Trong Nghia. Le facciate, anteriore e posteriore sono composte da strati di fioriere in cemento, a sbalzo da due pareti laterali, la cui distanza è regolata in base all'altezza delle piante. I tubi di irrigazione automatici sono stati installati all'interno delle fioriere per una semplice irrigazione e manutenzione.

All'interno dell'abitazione le pareti divisorie si riducono al minimo affinché si mantenga una fluidità interna e la vista delle facciate verdi da ogni punto della casa. La luce del sole che entra varia a seconda dell'ora del giorno attraverso la quantità di foglie su entrambe le facciate, generando meravigliosi effetti d'ombra. Le pareti verdi e il tetto giardino proteggono l'abitazione dalle radiazioni solari estive abbassando la temperatura all'interno della casa.

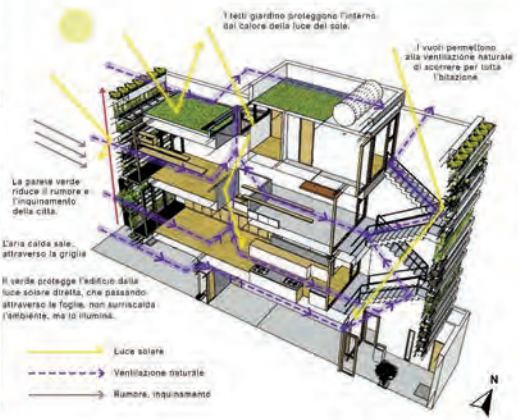
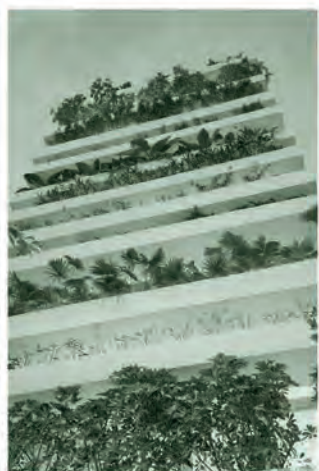
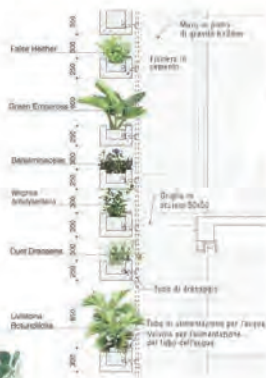
Sebbene il paesaggio urbano della città si stia uniformando per via dell'espansione urbana degli ultimi anni, questa abitazione vuole ispirare le persone a ridefinire e aumentare il verde, affinché diventi il protagonista di questa città.



STACKING GREEN HOUSE

GLI APPROCCI ECOLOGICI STUDIATI PER L'ABITAZIONE, FANNO RIFERIMENTO AI PRINCIPI BIOCLIMATICI DELLA TRADIZIONALE CASA DI CAMPAGNA VIETNAMITA, LE FACCIATE VERDI E IL TETTO GIARDINO PROTEGGONO LA CASA DALLA LUCE SOLARE DIRETTA, DAL RUMORE E DALL'INQUINAMENTO. LA VENTILAZIONE NATURALE È GARANTITA DALLE DUE FACCIATE E I DUE LUCERNARI, CHE CONSENTONO AL VENTO DI PERCORRERE LA CASA EVITANDO L'USO DI CONDIZIONATORI ANCHE SE IN UN CLIMA TROPICALE.

L'ABITAZIONE È STATA PROGETTATA PER RIMANERE FRESCA, LUMINOSA E ARIOSA DURANTE LE INTERRUZIONI DI CORRENTE PROGRAMMATA CHE PARALIZZANO LA CITTÀ DI HO CHI MINH. È INFATTI IN GRADO DI CREARE UN BINARIO TRA LUCE NATURALE E VENTILAZIONE OMBREGGIATA. COME HA Affermato IL PROGETTISTA INFATTI "IN VIETNAM ABBIAMO MOLTI PROBLEMI CON L'ENERGIA ELETTRICA. SI PUÒ FERMARE PIÙ VOLTE AL GIORNO. DURANTE QUESTI PERIODI LA LUCE È IN GRADO DI FILTRARE IN CASA ATTRAVERSO LA PARETE INTERNA IN VETRO, MA I DODICI STRATI DI PIANTE IN FACCIATA IMPEDISCONO ALLA LUCE SOLARE DIRETTA DI AUMENTARE LA TEMPERATURA INTERNA".



69 MASSE D'ACQUA INTEGRATE PREVALENTEMENTE CON L'INVOLUCRO

Luogo: Almere, Olanda

Anno: 2010

Progettista: Lanoire et Courrian

Contesto: il prototipo è concepito per contesti variabili di tipo marino, lacustre o fluviale

Latitudine: 52° 26' 50,77" N

Zona climatica: freddo contenuto

Padiglione flottante

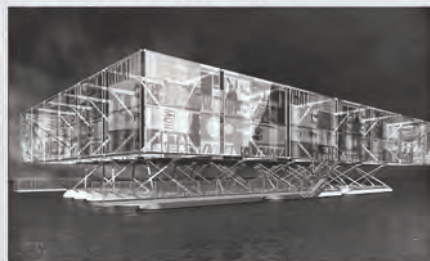
Il complesso galleggiante è costituito da due padiglioni gemelli ad uso flessibile. Si tratta di una semplice struttura di boe, su cui si appoggia un'intelaiatura metallica a croce, che sostiene a sua volta un involucro di vetro e acciaio. Come un ragno sull'acqua: questa è la prima immagine che viene in mente. Qualcosa di leggero, sfuggente, che scivola sulla superficie del lago. Leggerezza di qualcosa che c'è, è presente lì dove la vediamo e un momento dopo potrebbe essere portata via, trascinata da un'altra parte. Gli edifici restano sospesi sull'acqua permettendo ai venti di passare tra l'acqua e la parte inferiore degli edifici. Durante il giorno l'aria calda cede il calore all'acqua raffreddando in tal modo anche il solaio inferiore dell'edificio. Durante la notte l'acqua evapora mitigando la temperatura dell'aria circostante l'edificio.



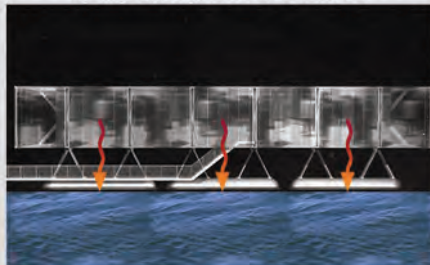
LANOIRE ET COURRIAN - PADIGLIONE FLOTTANTE - ALMERE, OLANDA



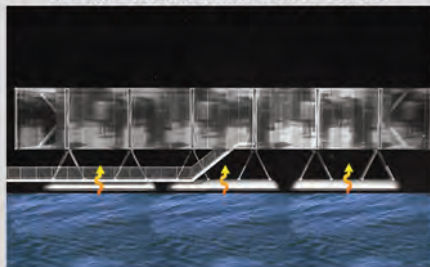
QUESTO COMPLESSO GALLEGGIANTE È COMPOSTO DA DUE PADIGLIONI GEMELLI AD USO FLESSIBILE. IL PROGETTO SI CHIAMA FLOATING MEDIA A STABILIRE ANCHE LA PRECARIETÀ DI QUESTO INTERVENTO E LA SUA POSSIBILITÀ DI ESSERE SPOSTATO ALTROVE. SI TRATTA DI UNA SEMPLICE STRUTTURA DI BOE, SU CUI SI APPOGGIA UNA INTELAIATURA METALLICA A CROCE, CHE SOSTIENE A SUA VOLTA UN INVOLUCRO DI VETRO E ACCIAIO. GLI EDIFICI, QUINDI, RESTANO SOSPESI SULL'ACQUA PERMETTENDO AI VENTI DI PASSARE TRA L'ACQUA E LA PARTE INFERIORE DEGLI EDIFICI. DURANTE IL GIORNO L'ARIA CALDA CEDE IL CALORE ALL'ACQUA E QUINDI RAFFRESCA ANCHE IL SOLAIO INFERIORE DELL'EDIFICIO. DURANTE LA NOTTE, INVECE, L'ACQUA EVAPORA MITIGANDO LA TEMPERATURA DELL'ARIA CIRCOSTANTE L'EDIFICIO.



COMPORTAMENTO DIURNO



COMPORTAMENTO NOTTURNO

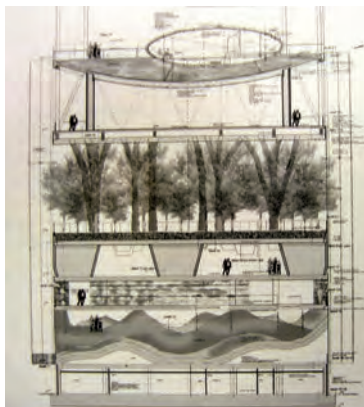


85 IL PATIO- PATIO SOSPESO STRATIFICATO

Luogo: Hannover, Germania
 Anno: 2000
 Progettista: MVRDV
 Contesto: bassa densità urbana
 Latitudine: 52° 22' 19,96" N
 Zona climatica: freddo contenuto

Padiglione olandese all'Expò di Hannover

Questo grattacielo stratificato, è costituito da cinque "livelli di paesaggio" di cui il più alto è proprio lo spazio "per l'aria e per l'acqua". Qui, i fusti sottili dei mulini a vento si protendono come antenne verso il cielo, mentre il tetto/pavimento d'acqua precipita sulle pareti griglie del piano sottostante. Questo livello, circondato da trasparenti muri d'acqua, è lo spazio "per la cultura e per la gente": lo spazio per un viaggio virtuale nel paesaggio e nella storia dell'Olanda. Sotto il livello dell'acqua, si apre lo spazio "per la natura", ovvero lo spazio per la terra e la vegetazione. Ma, ancora una volta, la natura è artificio, tecnica, progetto: la foresta è una selva di colonne, tronchi d'albero impermeati tra soffitto e pavimento sorreggono il piano sovrastante. Il livello successivo, è quello delle "radici", contenute in grandi invasi di cemento insieme ad alcuni schermi digitali: è tra le radici infatti che si fa spazio per "new environments", reali o virtuali. Continuando il percorso dall'alto verso il basso, si arriva al livello dei fiori, simbolo della capacità produttiva e creativa della nazione: qui api virtuali e schermi digitali affiorano dall'uniforme distesa di tulipani, lo spazio "per nuove soluzioni" non può che essere uno spazio di incontro tra biologia e tecnologia.



Stratificazione degli spazi 'patii sospesi'

IMPIEGO DI PATII SOSPESI AGGREGATI NELL'ARCHITETTURA CONTEMPORANEA

MVRDV
 PADIGLIONE OLANDESE
 HANNOVER, GERMANIA 2000
 111 ex. CAROLUS MVRDV 1997

LA SUDDIVISIONE DELLO SPAZIO E LA SUA DISPOSIZIONE IN PIU' LIVELLI E' SCANDITA DA UN USO DELLA VEGETAZIONE CHE DIVENTA PARTE INTEGRANTE DELL'EDIFICIO IL QUALE SI CONVERTE IN UN PARCO MONUMENTALIZZATO CREANDO UNA SORTA DI MINI-ECOSISTEMA. SI TRATTA DI SPAZI APERTI INSERITI INTEGRALMENTE NELL'ARCHITETTURA CHE SVOLGONO LA FUNZIONE DI VERI E PROPRI PATII SOSPESI IN CUI VINE FAVORITA LA VENTILAZIONE NATURALE ATTRAVERSO L'EDIFICIO, UN CONTROLLO DELL' ILLUMINAZIONE NATURALE, UNO SFRUTTAMENTO DI DEL RAFFRESCAMENTO EVAPORATIVO ATTRAVERSO BACINI D'ACQUA E MASSE VEGETAZIONALI.

STRATEGIE DI RAFFRESCAMENTO
 TEMATICA DI RIFERIMENTO

SPAZIO INTERMEDIO COPERTO

VEGETAZIONE

ESTATE

BREZZE ESTIVE

SOLEGGIAMENTO ESTIVO

INVERNO

VENTI FREDDI

SOLEGGIAMENTO INVERNALE