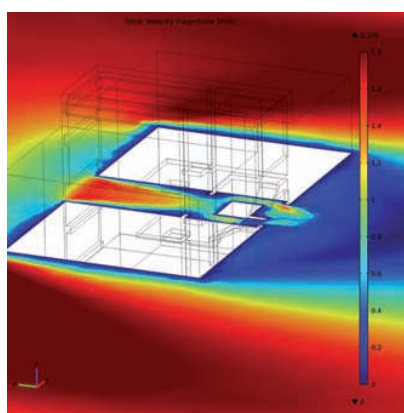
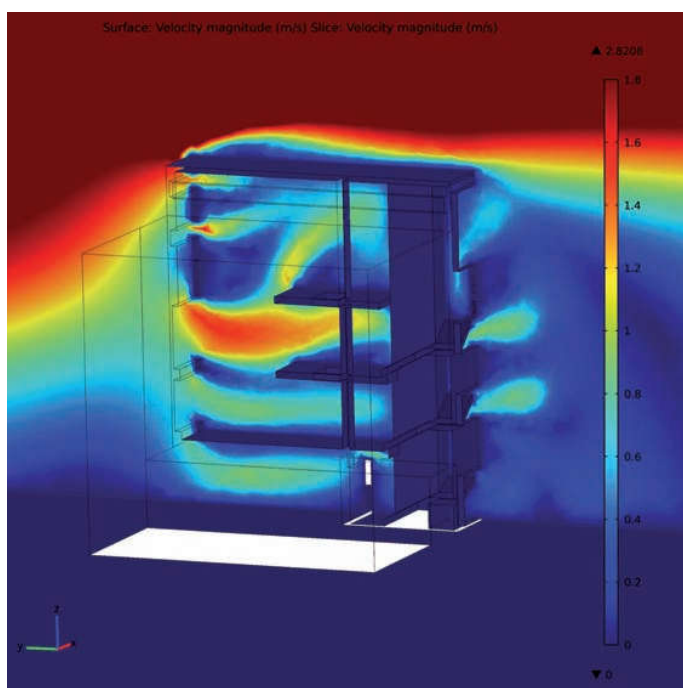


VENTILAZIONE NATURALE

Pressione positiva sopravvento, negativa sottovento, scia e dispersioni convettive, le applicazioni delle masse d'aria in architettura. Un “vecchio” traguardo tecnologico

FABRIZIO TUCCI

Questo contributo si colloca idealmente come una sorta di seconda puntata riguardo alla serie di considerazioni sulla progettazione delle masse d'aria in architettura e sulle loro potenzialità energetiche, economiche e tecnologiche che ho iniziato a sviluppare in un primo articolo pubblicato su questa rivista (cfr. Modulo n.363, 2010). In quel contesto avevo tracciato alcune riflessioni d'inquadramento della problematica riguardo alle modalità di captazione dell'aria, ai principi di trattamento termico delle masse, alle modalità di distribuzione della ventilazione naturale nell'edificio e avevo cominciato, rispetto all'ampia tematica dei possibili sistemi tecnologici impiegabili per il progetto della fluidodinamica in architettura, col prendere in esame le tre categorie che sono probabilmente ad oggi reputate dalla comunità scientifica tra le principali modalità di risposta alla questione dell'accoglimento/distribuzione/espulsione dell'aria in un edificio: le Torri di ventilazione, i Canali di ventilazione e le Piastre di ventilazione. Ci sono però ancora ampie zone di trattazione da sviluppare sulla questione delle opportunità e modalità di impiego naturale della masse d'aria in architettura, quelle che vedono protagonisti i caratteri morfologico-tecnologici e tipologico-distributivi dell'edificio, soprattutto in relazione alla forte incidenza che sulla questione hanno la forma e l'orientamento, la tipologia e la distribuzione interna, la presenza o meno di spazi “vuoti” (soprattutto quelli collettivi come chiostre e atri bioclimatici), i tipi di aperture, le tipologie d'involucro. E' sulle prime quattro categorie di aspetti (esclusi i tipi di aperture e le tipologie d'involucro, per le quali si rimanda ad una mia prossima “terza puntata”) che si vogliono concentrare tutte le considerazioni che seguiranno.



MODULO PAROLE CHIAVE

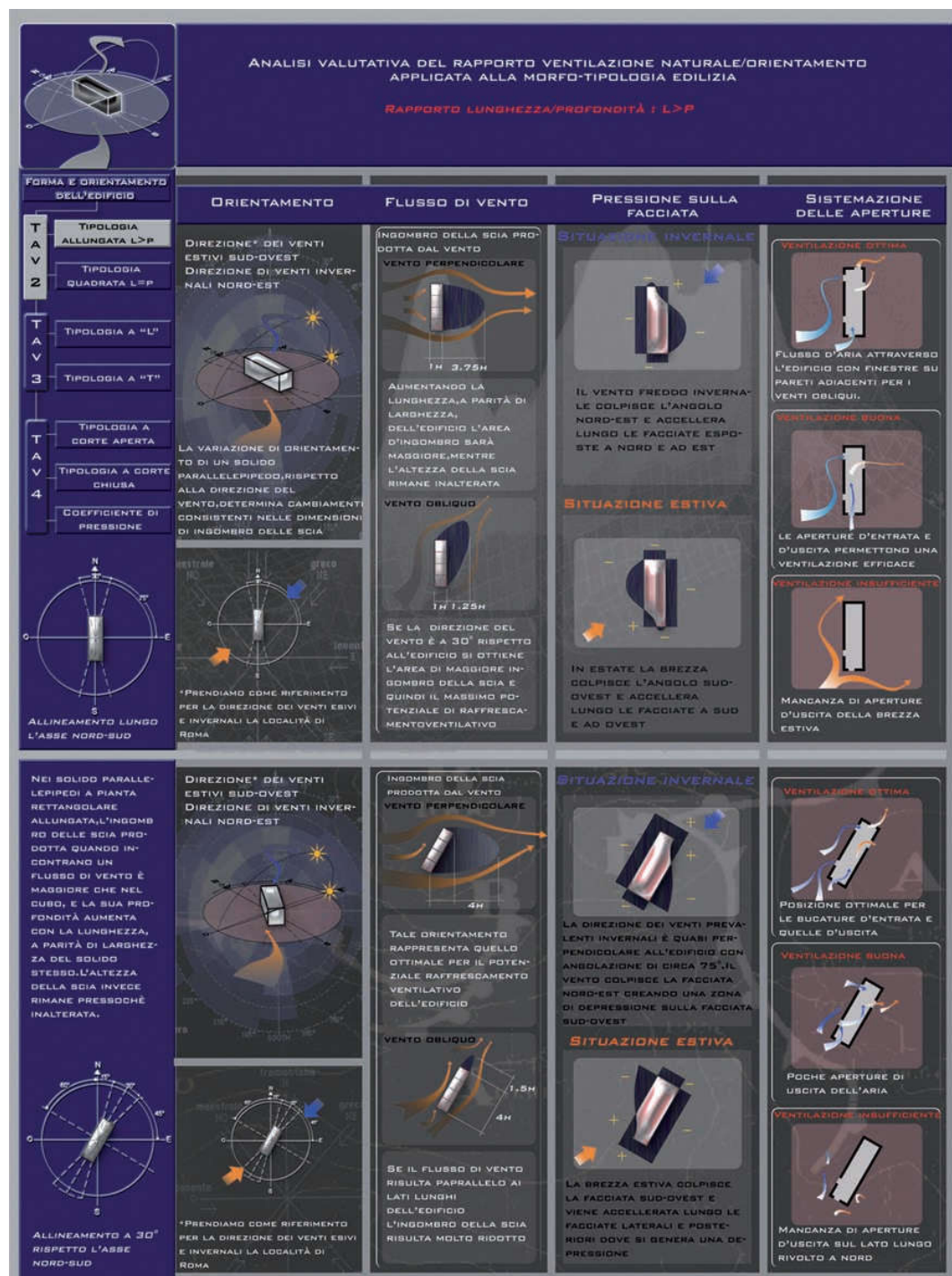
FLUIDODINAMICA • TORRI DI VENTILAZIONE • PIASTRE DI VENTILAZIONE • CANALI DI VENTILAZIONE • CHIOSTRINE • ATRI BIOCLIMATICI

La forma e l'orientamento dell'edificio determinano diversi "atteggiamenti" delle masse d'aria: scie profonde, vortici di ritorno e altro ancora

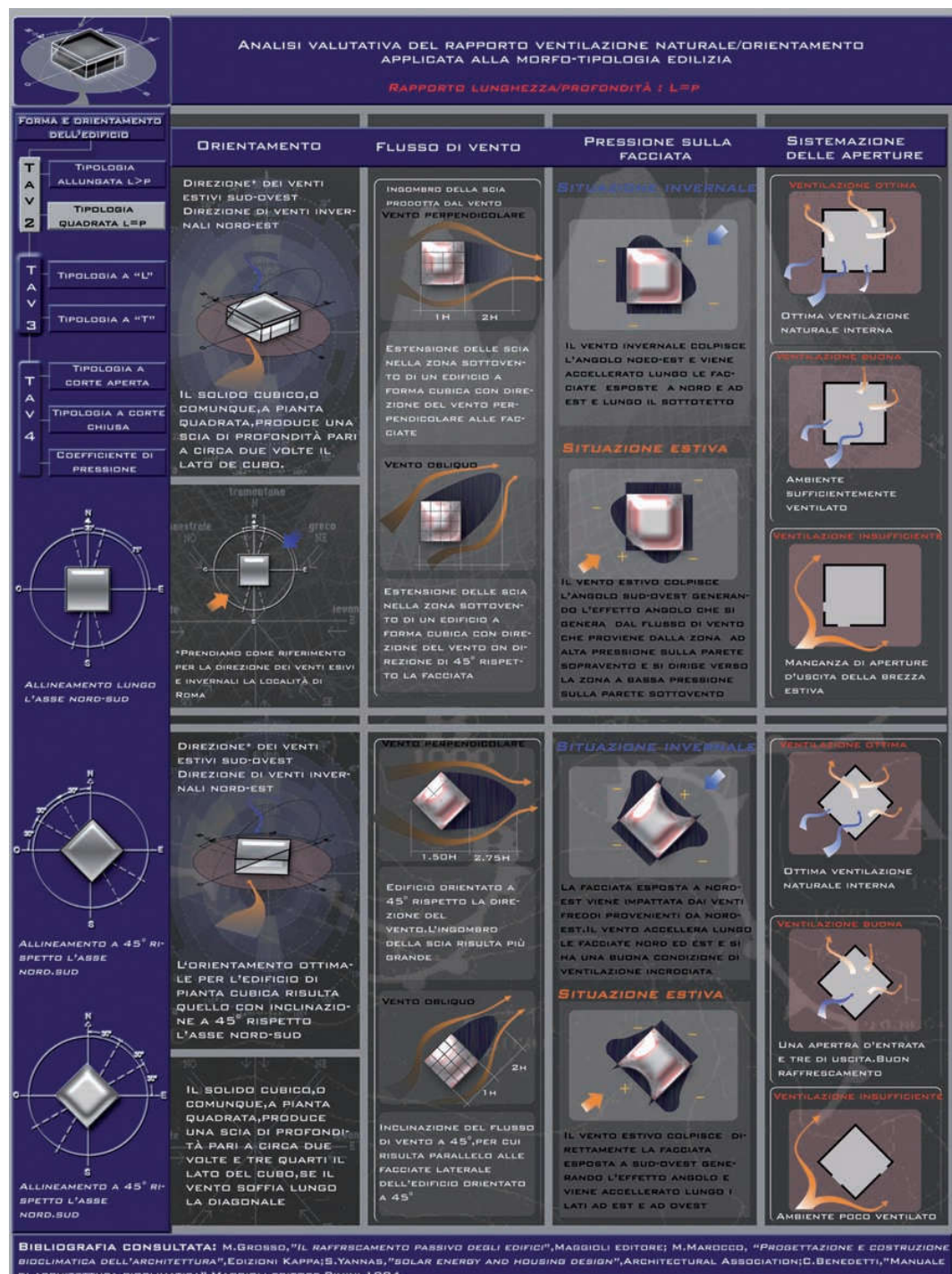
- Ventilazione su edificio di forma allungata

Quando la direzione del vento è perpendicolare ad uno dei lati, questo diventa l'unico sottoposto a pressioni positive e quindi con flussi in entrata. Per questo motivo non è conveniente avere il vento parallelo all'asse maggiore, dato che in questa situazione sarebbero solo le aperture di uno dei lati corti a lasciare entrare quantità significative di aria esterna, con un tasso di ricambio basso e con probabili forti accelerazioni in ingresso dovute all'effetto Venturi. Inoltre in edifici di grandi dimensioni sarebbe difficile realizzare una connessione interna fra le due testate, con la conseguenza di lasciare i locali situati in quella sottovento esposti alle sole pressioni negative e quindi in condizioni sfavorevoli.

Se invece in vento arriva in direzione obliqua, le due facciate sopravvento si ritroveranno con la porzione attigua allo spigolo che le congiunge sottoposta a pressione positiva ed il resto in depressione. Il rapporto fra le porzioni può variare fino all'annullamento completo di una delle due quando la direzione del vento diventa quasi perpendicolare ad uno degli assi producendo una situazione simile a quella del caso precedente. Le due facciate sottovento saranno interamente in depressione. Anche in questo caso un maggiore equilibrio fra pressioni positive e negative, e quindi migliori condizioni per la ventilazione naturale, si otterranno quando la direzione del vento di avvicina alla normale dell'asse maggiore dell'edificio.



La forma e l'orientamento di un edificio rispetto alla direzione del vento sono i due parametri che determinano la forma e l'intensità del campo di pressione sull'involucro edilizio e, di conseguenza, con riferimento alla ventilazione naturale, sono i primi aspetti da considerare nella progettazione dell'edificio e nella scelta delle soluzioni da adottare. Generalmente, quando una corrente incontra un ostacolo, il suo flusso viene deviato e deformato localmente con la conseguente formazione di zone a



- Ventilazione su edificio di forma quadrata

La configurazione del campo di pressione generato sulle facciate dell'edificio non è molto diverso da quello descritto per la tipologia precedente. Anche se la geometria più compatta dello spazio interno consente, con una opportuna disposizione delle aperture, di ottenere una ventilazione adeguata con qualsiasi orientamento. In questo caso gli ostacoli maggiori alla circolazione dell'aria potrebbero derivare dall'articolazione interna degli spazi.

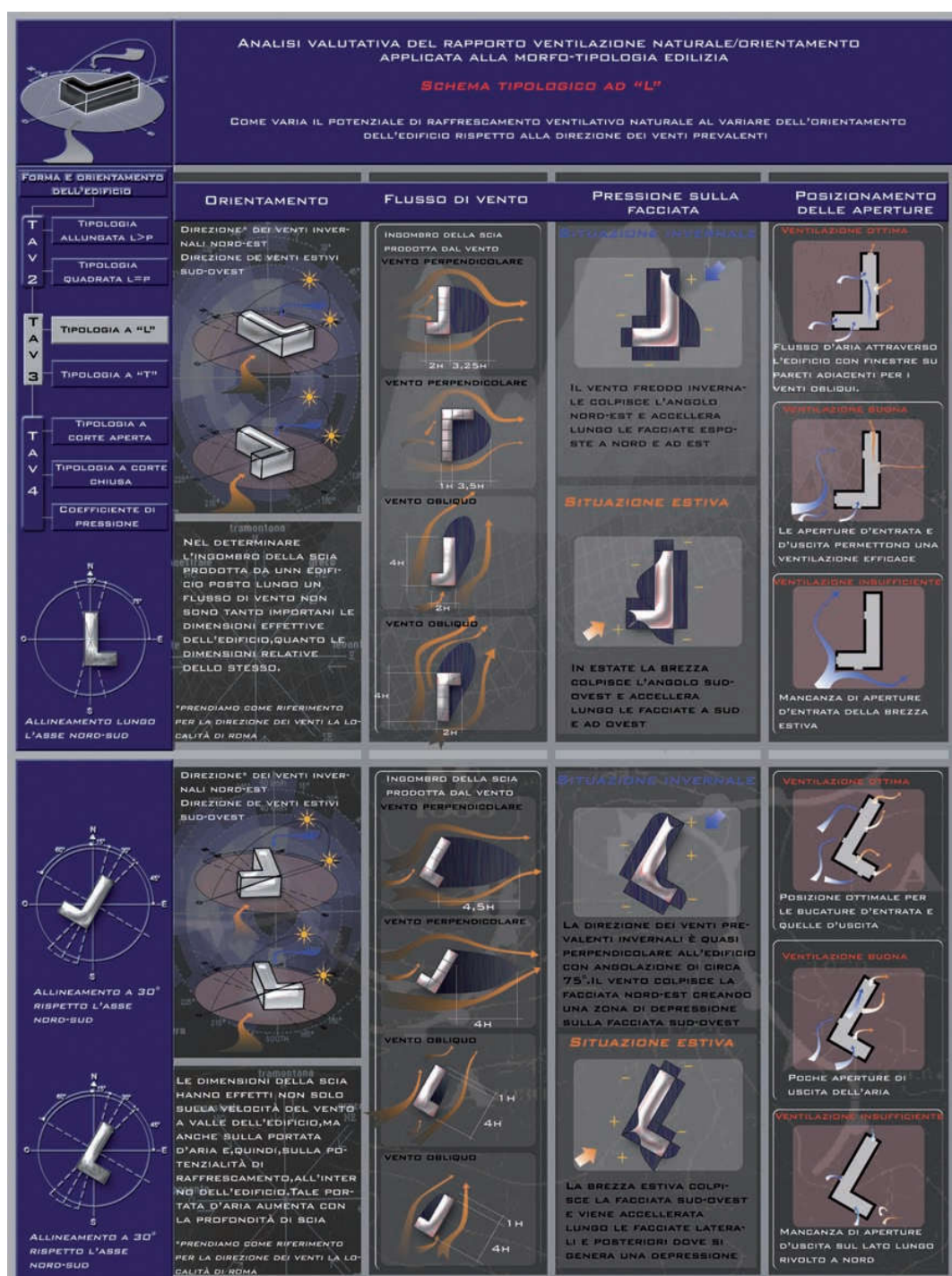
pressione positiva sui lati sopravento e negativa su quelli opposti, oltre i quali si forma anche una scia, ovvero una zona in cui il flusso continua ad esser alterato dalla presenza dell'ostacolo.

Va ricordato che la ventilazione ha un effetto importante anche sulle dispersioni convettive attraverso le superfici esterne dell'edificio. Maggiore sarà la resistenza opposta dall'edificio al vento, più estesa sarà la scia e maggiori le dispersioni per convezione. Relativamente al raffrescamento passivo questo aspetto

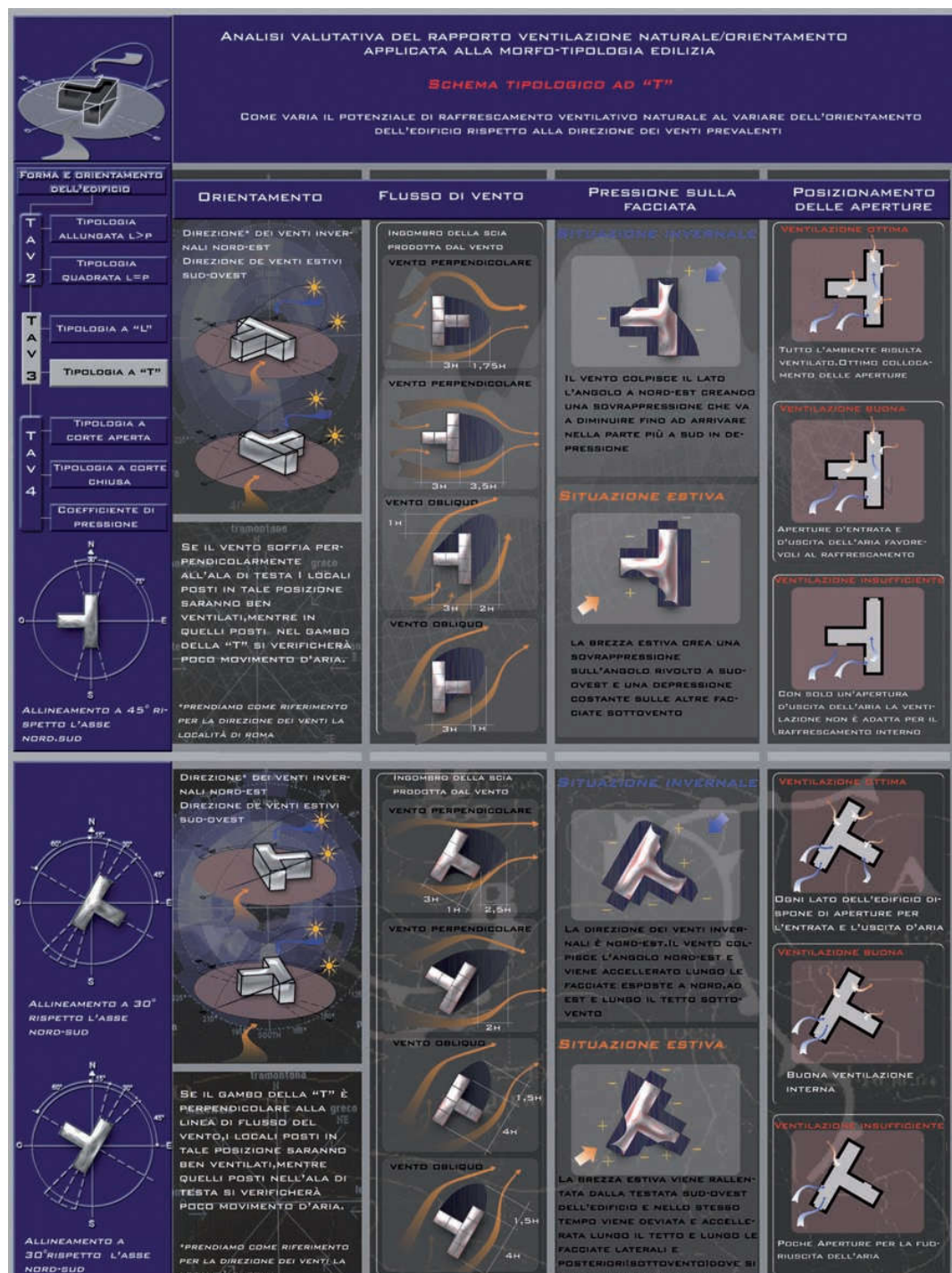
- Ventilazione su edificio di forma a "L"

La forma a "L" comporta una distribuzione delle pressioni particolare dovuta alle ombre di vento che le due ali possono allungare l'una sull'altra. Quando il vento arriva diagonalmente, in direzione dell'angolo esterno di una delle due ali, l'altra si troverà con pressioni negative su tutti e quattro i lati. A questo va aggiunta la difficoltà di ottenere connessioni interne tali da attivare un flusso tra facciate a pressioni opposte situate sulle opposte testate.

Una situazione più equilibrata si verifica quando il vento è diretto perpendicolarmente o quasi al lato maggiore o quando a trovarsi sopravento sono le facciate dell'angolo interno della "L".



andrà considerato con maggiore attenzione, ma per quanto riguarda i problemi più strettamente inerenti alla ventilazione naturale rimane di maggiore rilevanza la distribuzione delle pressioni sulle diverse facciate, che può essere descritta tramite l'andamento del coefficiente di pressione. Di seguito farò riferimento al comportamento rispetto al vento sul piano orizzontale di alcune forme standard, immaginando che l'edificio sia investito da una corrente d'aria indisturbata.



- Ventilazione su edificio di forma a "T"

Con un vento diretto obliquamente sull'angolo esterno dell'ala di testa della "T", questa tipologia può presentare problemi simili a quelli descritti per gli edifici a "L", anche se la maggiore articolazione della forma genera, in tutti gli altri casi, un campo di pressioni più vario ed equilibrato. Ad ogni modo, anche in una situazione favorevole, quando la direzione del vento punta in una delle concavità della "T" e le otto facciate si dividono equamente fra pressioni positive e negative, una delle tre ali rimane sempre con pressioni negative su tutti i tre lati esterni.

Ci si limiterà all'analisi di solidi con facce tra loro perpendicolari che hanno un comportamento aerodinamico diverso da quello delle superfici curvilinee. Queste, in generale, causano la formazione di una scia più profonda sul lato sottovento. Va inoltre tenuto presente il differente effetto sui flussi d'aria causato da edifici tozzi e snelli. In questi ultimi i flussi si richiudono a maggiore distanza, mentre può accadere che su volumi più bassi i vortici tornino sull'edificio restituendo gli eventuali fumi in uscita dai camini.

- Ventilazione su edificio a corte aperta

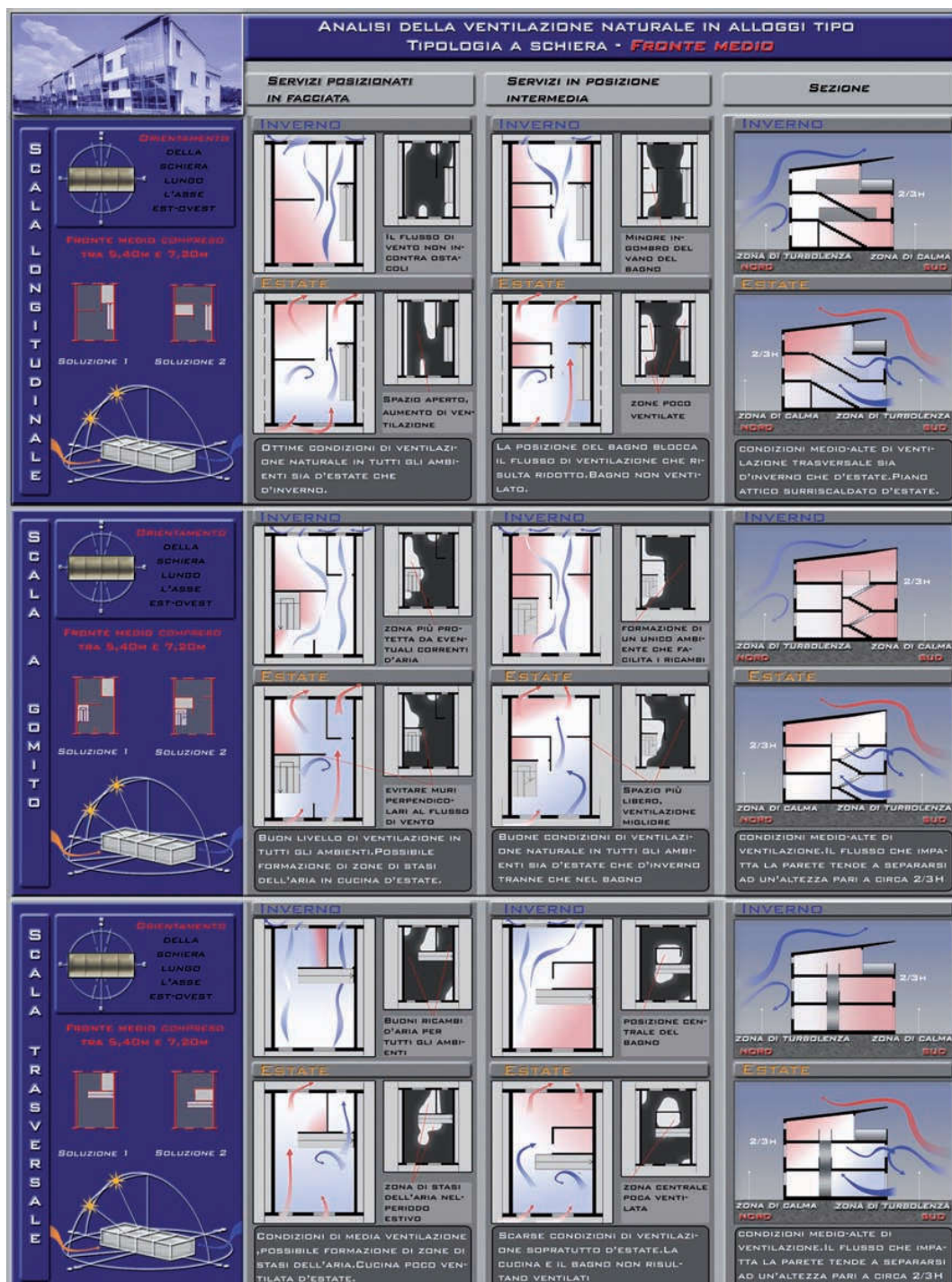
Anche in questo caso, l'ombra di vento che si allunga a coprire intere ali, particolarmente con i venti in direzione obliqua, può determinare la formazione di campi di pressione costantemente negativi su tre facciate adiacenti di un braccio dell'edificio. Quando l'orientamento è tale da ricevere i venti perpendicolarmente la situazione è più equilibrata e le tre ali si trovano in condizioni più favorevoli per la realizzazione di una ventilazione passante.



La ventilazione passante è determinata dalla distribuzione interna dell'edificio: ragionevoli accorgimenti di “buon progetto”

Tipologia a schiera

Gli edifici a schiera presentano il vantaggio di offrire un doppio affaccio a tutte le unità che, se orientate correttamente, possiedono ottime potenzialità per quanto riguarda la ventilazione passante. Nell'organizzazione planimetrica, le variabili più importanti sono la posizione della scala e dei servizi e la continuità degli spazi fra le facciate opposte. Una conformazione della scala a gomito, piuttosto che longitudinale, può comportare, soprattutto nelle unità con fronti stretti (< 5 m), una significativa riduzione della sezione disponibile per il flusso d'aria ed una conseguente riduzione della portata. Inoltre la presenza di ostacoli trasversali favorisce la formazione di zone di quiete nelle quali il ricambio d'aria è più lento che nel resto dell'ambiente. Nelle unità con fronti medi (5-7 m) o larghi (> 7 m), nelle quali la tipologia a gomito può creare comunque gli stessi problemi, è da evitare anche la disposizione trasversale, che oppone un ostacolo ancora più esteso alla circolazione dell'aria. Questi problemi potrebbero comunque essere attenuati progettando le scale in modo da renderle permeabili al passaggio dell'aria. Un'altro aspetto da valutare con attenzione è la disposizione dei servizi. Se da un lato la collocazione di questi in posizione centrale risolve alcuni problemi distributivi e risparmia lo spazio meglio esposto per gli ambienti principali, dall'altro ostacola il passaggio dell'aria così come le scale e senza alcuna possibilità di intervenire in modo analogo sulla permeabilità. Per di più, una posizione interna preclude la possibilità di utilizzare la ventilazione passante nei servizi stessi, per i motivi igienici già citati.

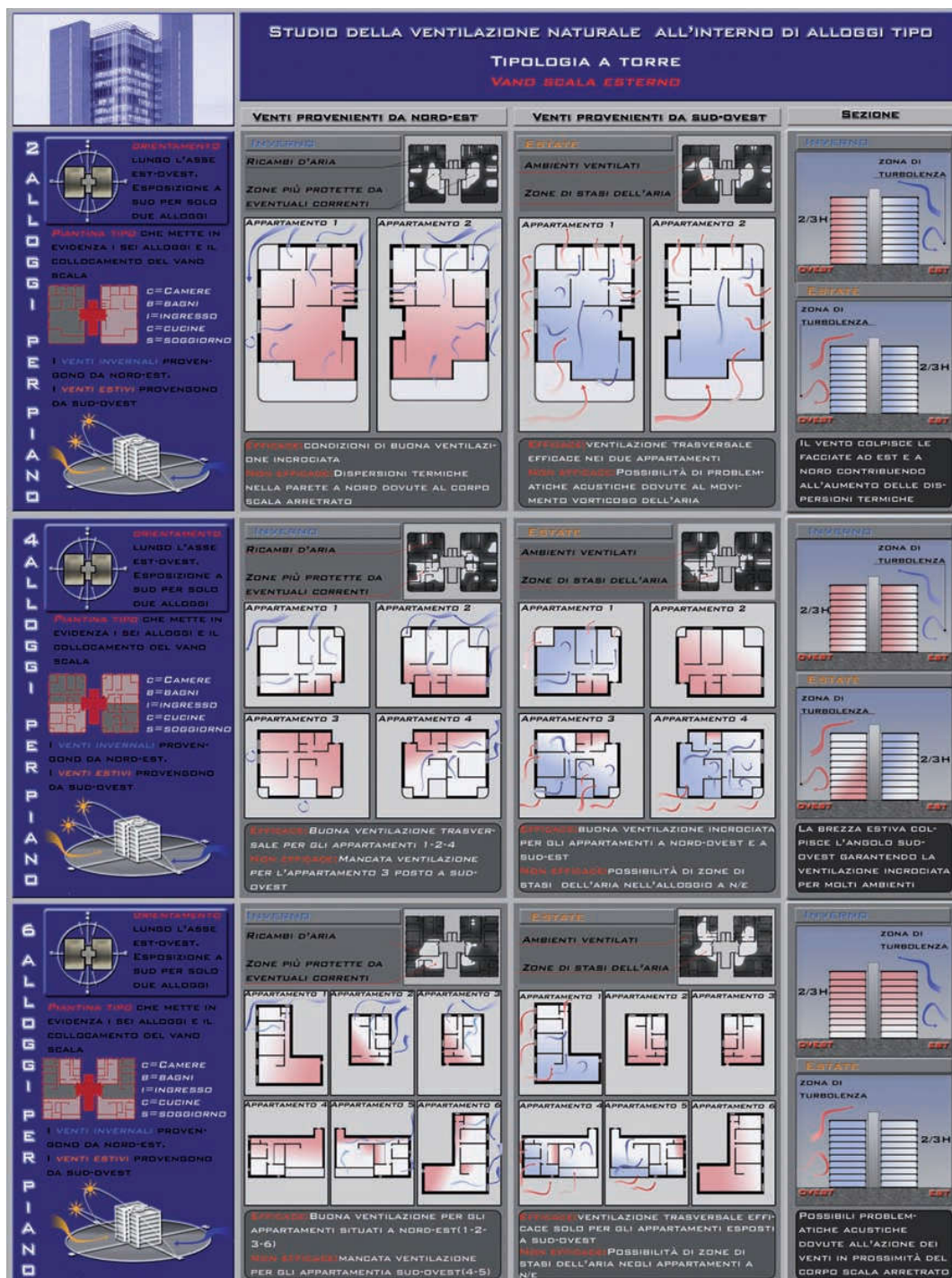


Affinché le differenze di pressione diano effettivamente luogo alle correnti d'aria necessarie per realizzare una ventilazione passante, occorre che le diverse facciate siano in comunicazione tra loro attraverso gli spazi interni dell'edificio. Quando ciò non è possibile la ventilazione deve avvenire su un singolo lato con una notevole riduzione delle potenzialità di ricambio d'aria e di raffrescamento. Per conseguire un risultato accettabile occorrerà predisporre almeno due aperture, e il più possibile distanziate tra loro. A meno che il vento non arrivi in direzione perfettamente perpendicolare e le due aperture non siano realizzate in posizione perfettamente simmetrica rispetto all'asse dell'edificio, in questo modo potrà comunque generarsi una piccola differenza di pressione che crescerà all'aumentare della distanza fra le aper-

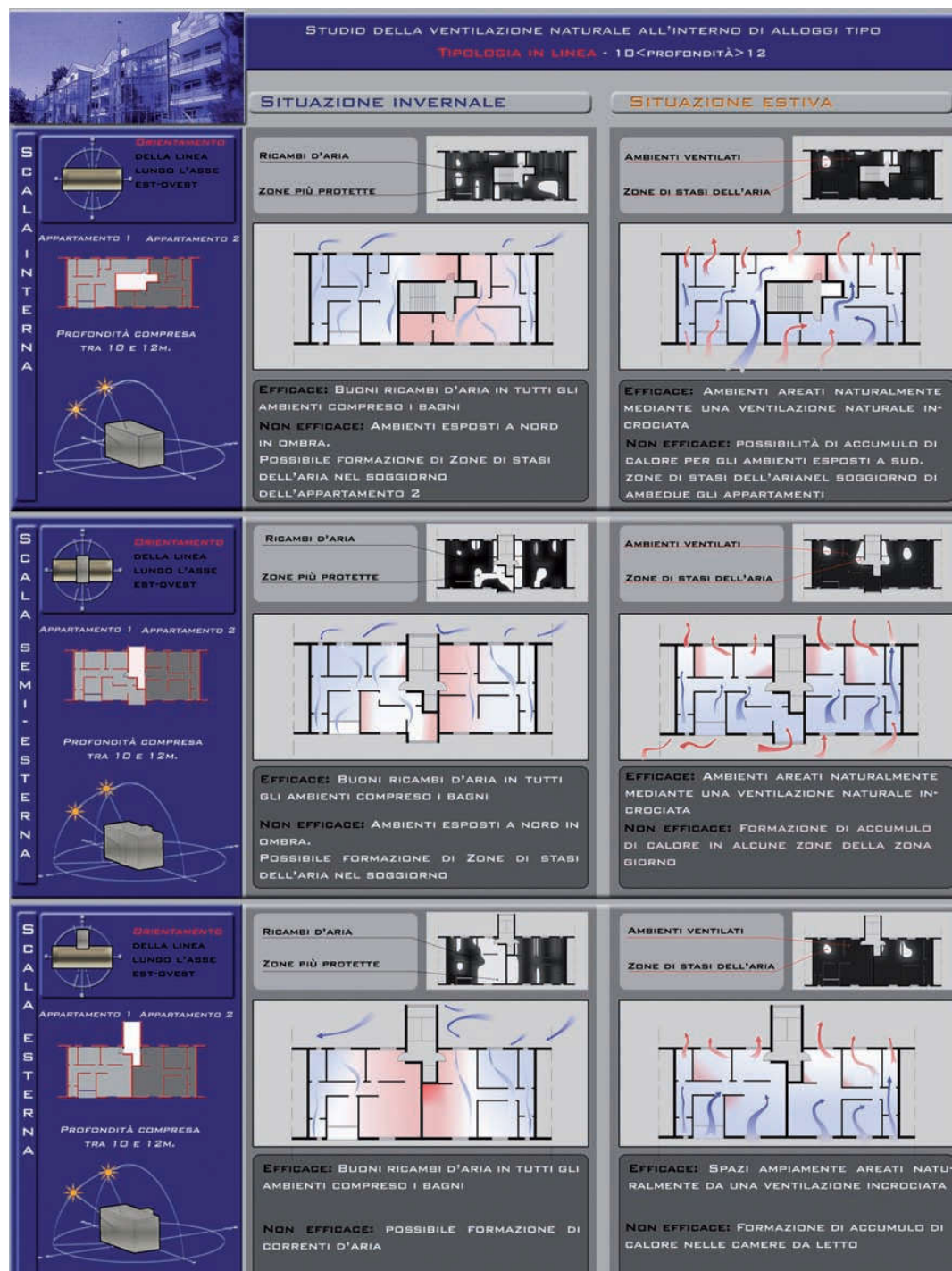
Tipologia a torre

Negli edifici a torre i coefficienti di pressione subiscono variazioni significative fra i piani bassi e quelli alti e per garantire lo stesso livello di ventilazione si dovrebbero prevedere aperture via via più grandi verso il basso. Le altre variabili in grado di condizionare il funzionamento della ventilazione naturale in questo tipo di edifici sono, principalmente, la disposizione dei collegamenti verticali ed il numero di alloggi collocati in ogni piano. Con riferimento alla figura allegata, l'areazione degli spazi di distribuzione verticale può avvenire per ventilazione passante solo nel terzo caso, ossia in quello dove il corpo scala ha collegamenti con l'esterno su due lati opposti, mentre negli altri due casi si potrà sfruttare l'effetto camino disponendo aperture nella parte bassa ed in quella alta del vano. In quest'ultimo caso è utile che le aperture di uscita siano poste ad una quota più elevata di quella delle finestre degli ultimi alloggi, in modo da evitare che l'aria in uscita possa interferire con le correnti d'aria in ingresso negli appartamenti superiori. Per quanto riguarda la ventilazione degli alloggi, verranno considerati tre casi tipo: due, quattro e sei appartamenti per piano. La prima soluzione è sicuramente la migliore in quanto consente ad entrambi gli alloggi di usufruire di un triplo affaccio che garantisce condizioni di ventilazione simili o anche migliori di quelle delle tipologie di edifici a più bassa densità come la schiera.

Con quattro alloggi per piano le potenzialità si riducono soprattutto per la perdita dell'affaccio su versanti opposti, anche se il problema può essere in parte risolto quando il corpo scala è posizionato all'esterno. Avendo invece sei alloggi per piano, almeno due risulteranno ad affaccio singolo e godranno di una ventilazione piuttosto limitata. Inoltre, in generale, sarà impossibile garantire a tutti gli alloggi un'esposizione ottimale, non solo per quanto riguarda la ventilazione naturale, ma anche in relazione al soleggiamento.



ture, dando origine ad un flusso con aperture di ingresso e di uscita ed un percorso ben definiti. Nel caso in cui sia possibile la ventilazione passante, dato che il più delle volte l'aria attraverserà ambienti diversi, si dovrà invece prestare attenzione al rapporto reciproco tra questi. Come per la ventilazione meccanica, la soluzione migliore è quella per cui gli ambienti inquinanti, come bagni e cucine, vengono a trovarsi in depressione rispetto agli spazi serviti. Nel caso della ventilazione passante questo significa esporre i servizi sul fronte sottovento e gli ambienti principali su quello sopravvento, in riferimento alla stagione in cui si prevede di utilizzare la ventilazione passiva (ai venti prevalenti estivi). Lo stesso principio andrà applicato anche nel caso di ventilazione per effetto camino, avendo cura che i flussi che attraversano diversi locali passino per i servizi al termine del loro percorso.



Tipologia in linea

La tipologia in linea con alloggi a doppia esposizione può essere considerata una buona soluzione dato che, esposta correttamente, è in grado di garantire un'adeguata ventilazione passante e trasversale a tutte le unità.

Le variabili considerate sono la profondità dell'edificio e la collocazione del corpo scala rispetto ai volumi principali. Infatti, pur non facendo parte della singola unità come nel caso della schiera, il corpo scala può determinare una distribuzione interna che ostacola il flusso dell'aria quando è collocato internamente in direzione trasversale.

Le profondità minime per una linea (6-8 m) sono quelle che producono il maggiore ricambio perché con un differenziale di pressione simile a quello che si verifica in edifici più profondi, il flusso passa per un percorso più breve, attraversa meno ambienti e incontra meno ostacoli.

Negli edifici che presentano una profondità media (10-12 m) e grande (>12 m), pur rimanendo buone le condizioni di esposizione, si dovrà porre maggiore attenzione alla suddivisione degli ambienti, dato che la maggiore articolazione e la presenza di corridoi, disimpegni e servizi nella fascia interna dell'edificio possono rappresentare un serio ostacolo alla circolazione dell'aria. Inoltre, data la loro posizione, i servizi interni saranno esclusi dalla ventilazione naturale e, in caso di assenza di torri di ventilazione naturale di cui ho parlato nel precedente articolo che citavo all'inizio, avranno quasi sicuramente bisogno dell'intervento di un impianto meccanico che garantisca adeguati ricambi d'aria ai locali.

Buffer space e atri bioclimatici, luoghi di mediazione tra spazi interni ed esterni, ambiti progettuali anche per l'illuminazione naturale e l'integrazione con il verde

Buffer Space

I buffer space sono ambienti di intermediazione fra lo spazio interno e l'esterno. Attenuando le differenze di temperatura e l'impatto dei venti rispetto alla situazione di un edificio esposto direttamente alle condizioni esterne, questi elementi sono utili soprattutto per la riduzione delle dispersioni termiche invernali e dei relativi fabbisogni energetici. Per quanto riguarda la ventilazione naturale, in inverno possono svolgere, nella stessa ottica, una funzione di preriscaldamento dell'aria esterna. Inoltre, soprattutto in estate, possono favorire il ricambio d'aria, sfruttando l'effetto camino quando presentano una significativa estensione verticale o per ventilazione incrociata, in modo particolare se si trovano in posizione passante orizzontalmente.

- Buffer space con elementi prevalentemente opachi

La presenza sull'involucro esterno di elementi in buona parte opachi, e quindi dotati di una certa massa e inerzia termica, garantisce una maggiore stabilità di condizioni nel locale, attenuando e ritardando l'oscillazione delle temperature rispetto a quelle esterne. Il suo limite è invece quello di lasciare un margine minore per l'illuminazione naturale.

In inverno se ne può utilizzare l'aria preriscaldata per l'interno, recuperando anche parte del calore disperso dall'ambiente principale (isolamento dinamico) o, se l'aria in uscita è in condizioni accettabili, espellerla attraverso il buffer space per mantenere la sua temperatura più vicina a quella interna. In estate invece, quando è la temperatura esterna ad essere più bassa, è bene che lo spazio cuscinetto abbia una sua ventilazione indipendente o che si trovi comunque al termine del percorso dell'aria verso l'esterno, e dunque sottovento in caso di ventilazione passante o combinata.

- Buffer space con elementi prevalentemente trasparenti

È la soluzione migliore per l'illuminazione naturale e quella che consente, con esposizione verso il quadrante meridionale, di sfruttare al meglio i benefici del guadagno solare diretto, grazie all'effetto serra generato dalle vetrate. Per converso, in estate essi sono soggetti a surriscaldamento se non adeguatamente schermati e ventilati. Inoltre maggiori dispersioni termiche, dovute alle stesse superfici vetrate, rendono le condizioni interne più variabili rispetto alla tipologia precedente, che invece funziona in modo simile per quanto riguarda la ventilazione. In questo caso il riscaldamento, maggiore nei periodi di soleggiamento, facilita la formazione dei movimenti convettivi che, con opportune aperture in alto e in basso, favoriscono la circolazione naturale dell'aria.

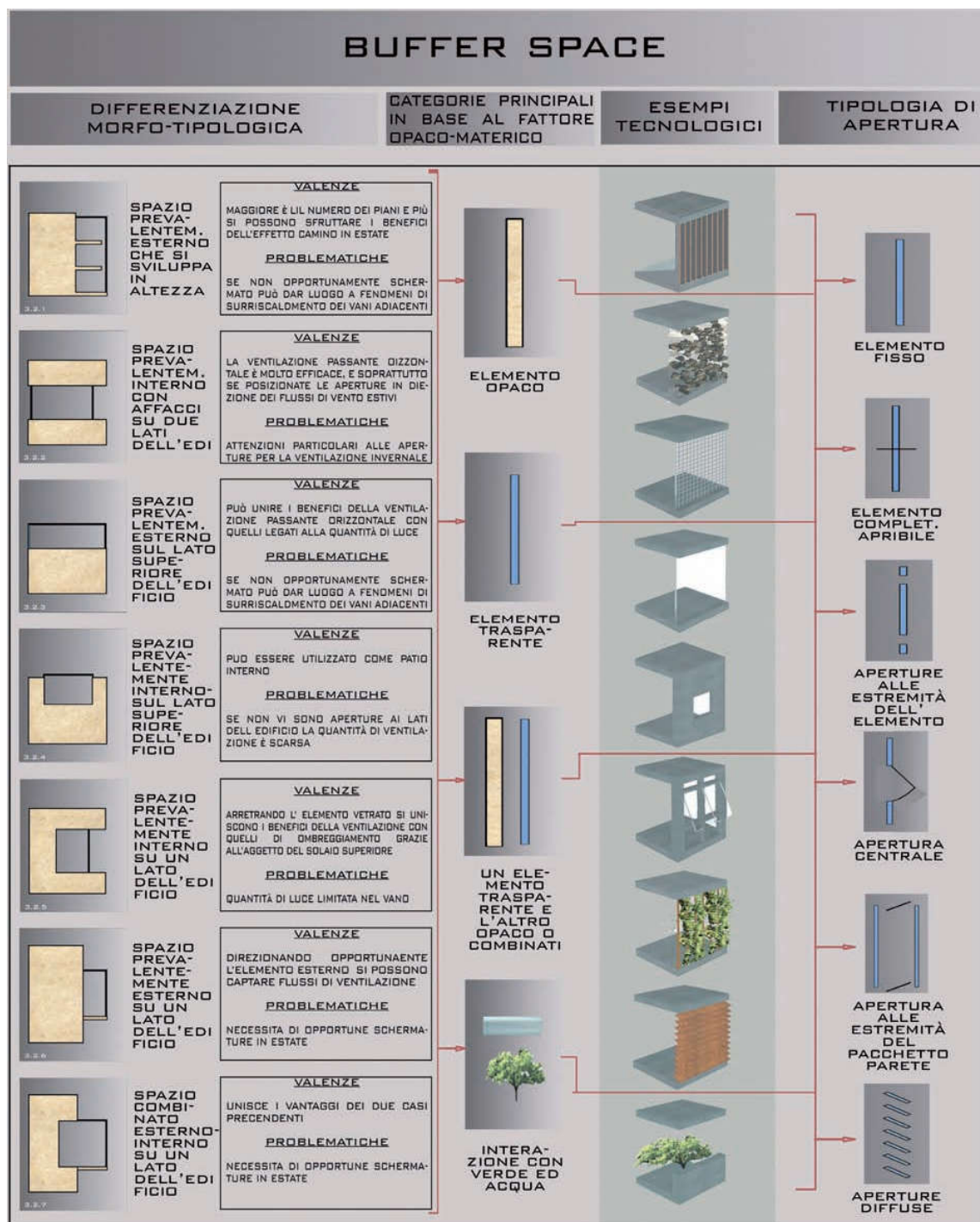
- Buffer space con elementi combinati trasparenti e opachi

La compresenza di elementi opachi e trasparenti può ovviare, specie se l'opacità è regolabile, ai problemi di surriscaldamento della tipologia completamente vetrata ed alla scarsa illuminazione di quella prevalentemente opaca. Lo strato opaco o semi-opaco può essere realizzato con frangisole di vario tipo, griglie metalliche o piante rampicanti, preferibilmente caducifoglie. È contemplata anche la scelta di materiali massivi, come la pietra, che se da un lato stabilizzano le temperature grazie alla loro inerzia termica, dall'altro comportano la rinuncia alla flessibilità dei sistemi più leggeri.

- Buffer space integrati con verde e acqua

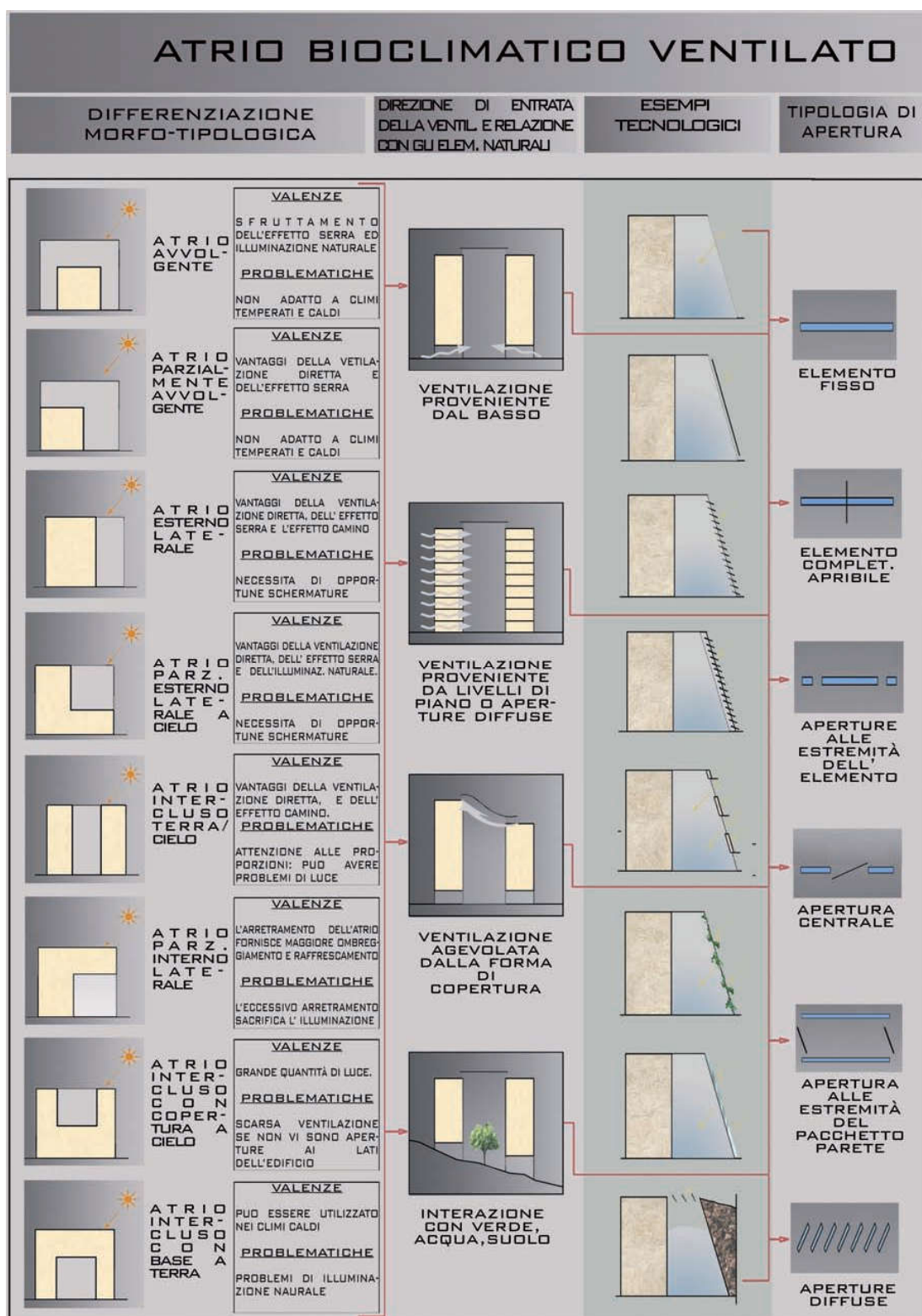
L'integrazione di vegetazione e acqua consente di sviluppare le potenzialità di raffrescamento del buffer space, che altrimenti rischia, in un clima come quello italiano, di essere un elemento funzionale durante

il solo, limitato, periodo invernale. L'acqua e le piante sottraggono infatti all'ambiente il calore necessario al cambiamento di stato che si realizza durante i processi di evaporazione e traspirazione. Il calore può essere sottratto all'aria o assorbito dalla radiazione che, diversamente, contribuirebbe all'innalzamento della temperatura dei corpi irraggiati e, indirettamente dell'aria stessa. La vegetazione offre inoltre un riparo dal sole e contribuisce al miglioramento della qualità dell'aria filtrandone le polveri e arricchendola di ossigeno.



Atri bioclimatici

Gli atri bioclimatici sono spazi di grandi dimensioni sui quali affacciano i locali dell'edificio situati su diversi piani. Svolgono un ruolo di mediazione fra ambienti interni e spazio esterno e possono contribuire alla soluzione di diversi problemi ambientali che riguardano i grandi edifici, dall'illuminazione naturale, al con-



PASSERELLE PEDONALI LAYHER®

PORTATE ELEVATE

RAPIDA INSTALLAZIONE



- ▶ **Elevate capacità di carico**
- ▶ **Luci libere sino a 30 metri**
- ▶ **Dimensioni modulari**
- ▶ **Montaggio semplice e veloce**
- ▶ **Compatibilità con il sistema multi-direzionale Allround**
- ▶ **Possibilità di realizzare protezioni laterali e di copertura**
- ▶ **Installazione rapida con mezzi di sollevamento a terra o a lato strada**
- ▶ **Utilizzo di travi modulari che riducono la quantità di materiale necessario**

tenimento dei consumi per il riscaldamento ed il condizionamento, fino alla ventilazione naturale.

Le aperture dell'atrio, laterali e in copertura, possono essere utilizzate per attivare i meccanismi della ventilazione naturale sia per effetto camino, sfruttando l'estensione verticale dell'atrio, che attraverso l'azione diretta della portata del vento. Il suo volume agisce anche come un volano termico, ritardando e attenuando gli effetti delle variazioni di temperatura dell'ambiente esterno grazie all'inerzia termica di una massa d'aria molto estesa in rapporto alle dimensioni dell'edificio. Gli atri costituiscono inoltre un serbatoio di aria preriscaldata durante l'inverno, mentre in estate possono favorire l'estrazione dell'aria esausta dall'edificio e l'espulsione della stessa verso l'esterno.

In rapporto ai problemi legati alla ventilazione naturale descrivo di seguito tre tipologie particolarmente significative che esemplificano i comportamenti molto diversi che gli atri possono assumere in relazione alla loro forma e dimensione, al rapporto morfologico con l'edificio ed all'estensione ed esposizione delle superfici vetrate.

- Atrio esterno completamente o parzialmente avvolgente

Uno atrio avvolgente riveste l'edificio limitandone fortemente le dispersioni e trattando di fatto tutta l'aria in ingresso negli ambienti interni attraverso le aperture dell'involucro. Oltre a mediare le condizioni esterne, questi atri assolvono una funzione di riscaldamento passivo, sia preriscaldando l'aria di ricambio come già accennato, sia captando grandi quantità di energia solare attraverso le estese superfici vetrate. Lo sviluppo in altezza e le esposizioni estese e diversificate delle sue superfici lo rendono adatto a diverse strategie di ventilazione, potendosi sfruttare sia l'effetto camino che la pressione del vento.

L'insieme delle sue caratteristiche rende questa tipologia più adatta ai climi freddi del nord Europa che a quelli più miti del mediterraneo, soprattutto per i rischi di surriscaldamento nel periodo estivo.

- Atrio esterno laterale

Uno spazio di questo tipo, posto sul fronte meridionale dell'edificio, aggiunge alle funzioni più tipiche dell'atrio quelle della serra solare e va dotato di schermature adeguate per prevenire possibili effetti negativi durante la stagione estiva.

Gli edifici dotati di atri laterali conservano l'esposizione diretta sullo spazio esterno della maggior parte del loro involucro e possono perciò essere ventilati combinando gli effetti del vento alle correnti convettive nel volume dell'atrio.

- Atrio intercluso o parzialmente esterno

Questa tipologia di atrio è forse quella che si riscalda di meno per gli effetti del sole ed è quindi più mirata al raffrescamento ed alla ventilazione passiva. Gli atri interni in particolare possono attivare un tiraggio dall'alto che estrae l'aria viziata dagli ambienti affacciati sull'atrio stesso, creando una depressione che richiama l'aria fresca dai versanti esposti direttamente all'esterno. Il fenomeno può essere agevolato disponendo le aperture in posizione favorevole rispetto ai venti e sagomando le coperture in modo da assecondare i flussi ascendenti.