

CẢI THIỆN THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN TRONG NHÀ Ở BẰNG SÂN TRONG

IMPROVING NATURAL VENTILATION IN RESIDENTIAL BUILDINGS BY USING COURTYARDS

Nguyễn Anh Tuấn, Lê Thị Kim Dung

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: natuan@ud.edu.vn

Tóm tắt: Bài báo khảo sát sự thay đổi chất lượng thông gió trong nhà ở bằng mô phỏng CFD. Hai loại nhà phổ biến trong đô thị nước ta được chọn làm mẫu để tổ chức cải thiện thông gió. Giải pháp cải thiện thông gió được khảo sát là sử dụng các sân trong. Hiệu quả thông gió được kiểm tra bằng cách mô phỏng hiện tượng thông gió xuyên phòng trong hai căn nhà này trước và sau khi tiến hành cải thiện. Sự cải thiện và nguyên nhân của nó được giải thích trên cơ sở kết quả quá trình mô phỏng CFD. Kết quả cho thấy vận tốc gió trung bình và tối đa trong nhà được nâng lên rõ rệt trong nhà có sân trong. Nghiên cứu dẫn đến kết luận rằng sân trong là một giải pháp hiệu quả để tổ chức thông gió tự nhiên cho nhà ở.

Từ khóa: CFD; thông gió tự nhiên; sân trong; nhà ở; mô phỏng thông gió

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu đang trở thành một vấn đề được quan tâm đặc biệt. Những hiện tượng của biến đổi khí hậu đang diễn ra ngày càng nhiều cùng với hậu quả mỗi lúc một nghiêm trọng hơn. Giảm thiểu năng lượng tiêu thụ bởi công trình hay giảm phát thải khí nhà kính là một trong những giải pháp chủ yếu trong xây dựng để làm chậm quá trình biến đổi khí hậu và giảm thiểu các tác động bất lợi.

Với mục tiêu đó, thông gió tự nhiên trong công trình xây dựng là một xu hướng thiết kế đang rất được quan tâm. Đặc biệt trong điều kiện khí hậu nóng ẩm ở Việt Nam, thông gió tự nhiên là biện pháp chủ yếu để duy trì tiện nghi nhiệt của con người cũng như chất lượng không khí trong nhà.

Bài báo này mô tả sự thay đổi chất lượng không khí trong nhà ở trước và sau khi thực hiện các giải pháp cải thiện thông gió tự nhiên bằng cách tổ chức thêm các sân trong trong nhà ở.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này mô phỏng hiện tượng thông gió tự nhiên trong công trình bằng mô hình và mô phỏng CFD (computational fluid dynamics) - Mô phỏng động lực học chất lỏng. CFD là thuật ngữ dùng để chỉ nhóm các phương pháp số dùng để tính toán các thuộc tính (ví dụ: vận tốc, áp suất, nhiệt độ...) của dòng chất lỏng Newton (không khí, nước...). Trong kiến trúc, mô hình CFD có thể cho biết trạng thái của gió bên trong và ngoài nhà dưới các điều kiện biên xác định. Phương pháp CFD rất phức tạp, chi tiết có thể xem trong nhiều tài liệu, ví dụ [1].

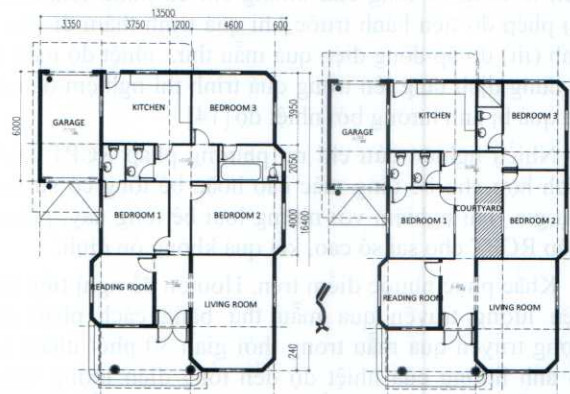
3. Nội dung và kết quả nghiên cứu chính

Nghiên cứu này chọn 2 căn nhà, đại diện cho 2 loại nhà điển hình chiếm tỉ trọng lớn trong các loại hình nhà ở tại Việt Nam là nhà biệt lập và nhà phố (xem mặt bằng ở

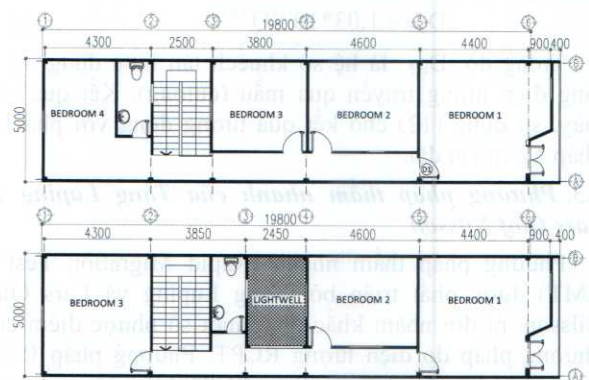
Abstract: This paper examines the variations of indoor air quality in residential buildings by using the CFD simulation. Two common housing types in Vietnamese urban areas were considered to be case-study houses for improving natural ventilation. The ventilation solution under question is the implementation of new courtyards. The ventilation efficiency was verified by a series of simulations of cross ventilation phenomena in these two selected houses, with and without the courtyards. The improvement and its causes were explained by the results of CFD simulations. These results showed that the average and maximum wind velocities were considerably increased in the houses with courtyards. This study indicates that the courtyard is an effective measure for promoting natural ventilation in residential buildings.

Key words: CFD; natural ventilation; courtyard; housing; ventilation simulation

Hình 1 và 2). Hai ngôi nhà này đều ở trong các khu dân cư Đà Nẵng (số 69 Bà Huyện Thanh Quan và 22 Lương Nhữ Hộc). Hai căn nhà này được cải tạo để có thêm sân trong giữa nhà với giả thiết chúng sẽ cải thiện điều kiện thông gió của 2 ngôi nhà.



Hình 1. Mặt bằng nhà biệt lập trước (trái) và sau khi thêm sân trong



Hình 2. Mặt bằng tầng 2 của nhà phố trước và sau khi bổ sung sân trong

Vận tốc và hình thái chuyển động của không khí cùng với lưu lượng thông gió trong nhà trước và sau khi cải tạo được so sánh và đánh giá bằng các mô phỏng CFD trong không gian 3 chiều.

3.1. Cải thiện thông gió cho ngôi nhà biệt lập

Như trên Hình 1, thiết kế ban đầu của nhà biệt lập tạo ra hành lang giữa dài, tối và ngột ngạt, đặc biệt là khi các cửa trong nhà đều đóng. Hơn nữa, các phòng ở đều là phòng thông gió một phía, không có khả năng thông gió xuyên phòng, giảm tiện nghi nhiệt cũng như chất lượng không khí trong mùa nóng.

Để cải thiện, nghiên cứu đề xuất giải pháp đơn giản là tổ chức một sân trong kích thước 1,6m x 4m ở giữa nhà; thêm 2 cửa sổ hướng vào sân trong cho phòng ngủ 1 và 2; sắp xếp lại các phòng ngủ và vệ sinh. Sự sắp xếp này không làm thay đổi cấu trúc và chức năng ban đầu của ngôi nhà. Sân trong mới được kỳ vọng cung cấp đủ ánh sáng và tạo ra vùng hút gió ở trung tâm, và do đó cải thiện thông gió xuyên phòng cho các phòng quanh đó.

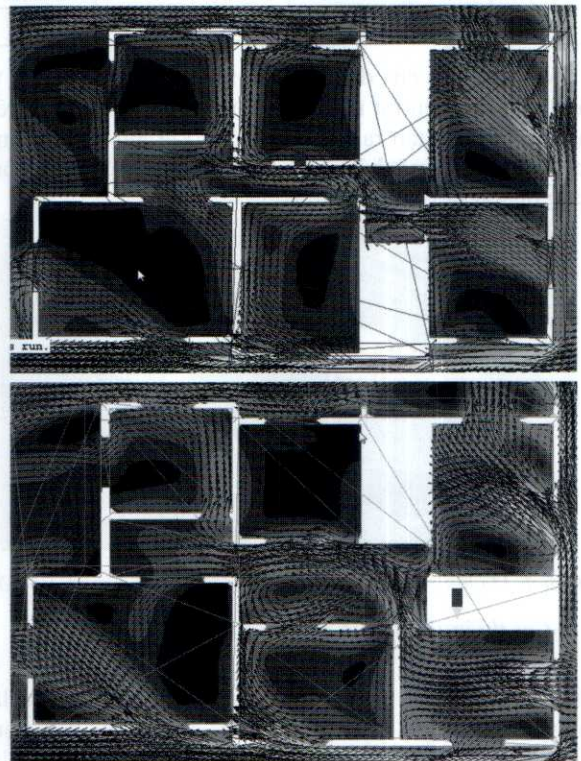
Mô hình 3D của ngôi nhà được dựng trong AutoCAD và xuất sang phần mềm CFD như sau: Giảm định độ dày tường trong nhà là 200 mm thay vì 100 mm (để giảm bớt số ô lưới, giảm bớt thời gian mô phỏng và đảm bảo kết quả hội tụ); các góc xéo được bỏ qua; các nhà vệ sinh luôn đóng và được coi như các khối kín.

Điều kiện biên của mô phỏng CFD được thiết lập như mô tả dưới đây. Miền khảo sát có kích thước 160m x 160m x 40m với ngôi nhà đặt ở giữa. Hệ thống lưới 3 chiều Descartes với 120 x 132 x 45 ô lưới theo các phương x, y, z (712'800 ô lưới) được áp lên miền khảo sát. Gió thổi tới công trình từ 4 hướng chính Đông, Tây, Nam, Bắc với tốc độ gió đều vào ở độ cao 10 m giả định là 1,85 m/s (tốc độ gió trung bình năm ở Đà Nẵng). Pro-fin gió ở lớp biên khí quyển trong khu vực đô thị tuân theo định luật hàm số mũ với cơ số $\alpha = 0,17$ (theo hướng dẫn của ASHRAE [2]). Các phương trình động lực học cơ bản được giải quyết bằng mô hình rối RNG k- ϵ – vốn đã được kiểm định khả năng mô phỏng qua nghiên cứu trước đó của tác giả [3]. Vận tốc không khí ở gần mặt đất và các bề mặt rắn được xử lý bằng hàm cân bằng Lô-ga-rít cho tường (equilibrium Logarithmic wall-function method). Thuật toán SIMPLEST được áp dụng để tách biến áp suất khỏi các phương trình vi phân từng phần. Thuật nội suy Hybrid được dùng để nội suy giá trị các biến số tại biên của 2 ô lưới. Mô phỏng được giả định là một quá trình đẳng nhiệt.

Chương trình CFD thương mại có tên gọi là Phoenix [4] được dùng để giải bài toán trên. Thời gian để mỗi mô phỏng hội tụ vào khoảng từ 8 đến 12 h trên một máy tính xách tay có CPU Intel Core i5 M460 (4 x 2,53 MHz). Do giới hạn không gian bài báo, kết quả tính toán CFD chỉ được giới thiệu vắn tắt ở đây.

Kết quả so sánh trường vận tốc gió ở độ cao 1.25m so với sân nhà trong cả 2 trường hợp cho thấy: Điều kiện gió ở hành lang được cải thiện rõ rệt bởi sự khuấy động của luồng gió xoáy (xem một ví dụ ở Hình 3). Ở ngôi nhà với sân trong, tốc độ gió lớn nhất gần vị trí cửa sổ đón gió vào cao hơn hẳn so với ngôi nhà ban đầu. Điều kiện gió ở phòng đón gió (phòng phía trước) tốt hơn nhưng những

phòng sau phòng này thì giảm nhẹ.



Hình 3. Vận tốc gió trung bình ở nhà ban đầu (trên) và nhà có sân trong (dưới) khi có gió từ hướng Bắc. Vận tốc gió thay đổi từ 0 - 1.5m/s (từ màu xanh đậm cho đến màu đỏ)

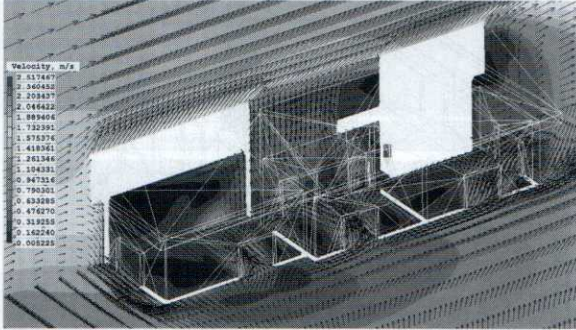
Bảng 1 liệt kê cụ thể vận tốc gió trung bình và tối đa ở độ cao 1,1 m trong các trường hợp. Trong Bảng 1, giá trị ‘tĩnh’ chỉ báo rằng tốc độ trung bình dòng khí $\leq 0,15$ m/s. Số liệu cho thấy tốc độ gió trung bình ở cả 4 phòng của căn nhà có sân trong hơi cao hơn nhà ban đầu (khoảng 0,11 m/s) và tốc độ gió cao nhất thì cao hơn hẳn (0,28 m/s).

Bảng 1. Tốc độ gió trung bình ở các không gian chính ở độ cao 1,1m

Hướng gió	Có sân trong	Tốc độ gió lớn nhất (m/s)			
		P.ngủ 1	P.ngủ 2	P.ngủ 3	P.khách
Bắc	Không	0,58	0,53	0,80	0,47
	Có	0,40	0,87	1,01	0,68
Đông	Không	0,64	0,78	1,02	1,09
	Có	0,36	1,23	1,22	1,21
Nam	Không	0,47	0,56	0,41	0,93
	Có	0,91	0,28	0,25	1,20
Tây	Không	0,69	0,44	0,80	0,36
	Có	1,15	0,36	0,88	0,32
		Tốc độ gió trung bình (m/s)			
Bắc	Không	tĩnh	tĩnh	0,33	tĩnh
	Có	tĩnh	0,21	0,59	0,21
Đông	Không	0,16	0,36	0,50	0,48
	Có	0,19	0,48	0,52	0,58
Nam	Không	0,21	tĩnh	0,20	0,21
	Có	0,48	tĩnh	tĩnh	0,26

Tây	Không	0,33	0,25	tĩnh	tĩnh
	Có	0,57	tĩnh	tĩnh	tĩnh

Mô hình 3D của dòng khí cũng cho thấy dòng khí tại sân trong bốc lên rất mạnh và khuếch tán vào khí quyển. Sự bốc lên này tạo ra áp suất không khí âm ở sân trong, do đó tạo nên sự thông gió xuyên phòng ở các phòng xung quanh sân trong (xem Hình 4).



Hình 4. Mô hình 3D mô tả dòng khí ở sân trong khi có gió Bắc.

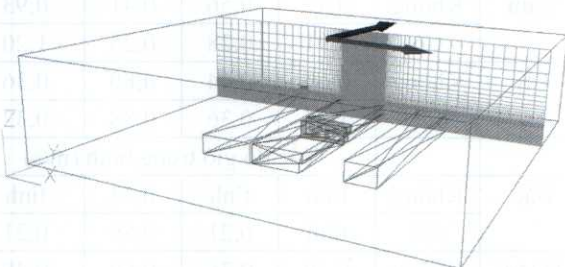
3.2. Cải thiện thông gió cho nhà phố

Trong căn nhà phố ban đầu, phòng ngủ 2 và 3 và phòng vệ sinh rất tối và ngột ngạt do không có cửa lấy sáng và thông gió. Để cải thiện điều này, một sân trong kích thước 2,35m x 2,60m được thêm vào giữa căn nhà. Không như trường hợp sân trong ở nhà biệt lập, sân trong chủ yếu tăng cường thông gió xuyên phòng, sân trong trong nhà phố còn làm nhiệm vụ lấy ánh sáng cho các phòng quay vào sân trong. Như trong Hình 2, các phòng ngủ 2, nhà vệ sinh, hành lang và tầng 1 được hưởng lợi từ sự hiện diện của sân trong này. Tuy vậy, giải pháp đòi hỏi phải hy sinh bớt một phòng ngủ để lấy chỗ cho giếng trời.

Các thiết lập cho mô phỏng CFD:

Phương pháp xây dựng mô hình cho ngôi nhà phố tương tự như trường hợp nhà biệt lập. Đặc biệt, phần liên kê, phần sau và phía trước của ngôi nhà cũng được bao gồm trong mô hình CFD của ngôi nhà phố. Miền khảo sát vẫn không đổi (160m x 160m x 10m); các điều kiện biên và các thiết lập cho mô phỏng được tái sử dụng, trừ số ô lưới Descartes được điều chỉnh nhẹ (140 x 76 x 50) cho phù hợp với căn nhà phố này (xem Hình 5).

Vì căn nhà gần như là đối xứng qua trục Đông - Tây, năm hướng gió chính được chọn là Đông, Đông Nam, Nam, Tây Nam và Tây.



Hình 5. Miền khảo sát CFD và mô hình ngôi nhà phố cùng với hệ lưới Descartes

Kết quả mô phỏng CFD:

Kết quả mô phỏng cho thấy điều kiện gió trong nhà

được cải thiện nhờ sự có mặt của sân trong. Tuy nhiên sự cải thiện còn phụ thuộc vào hướng gió. Sự cải thiện rõ nhất là khi gió thổi từ hướng Đông Nam trong khi gió Đông chỉ tạo ra một ít khác biệt. Tốc độ gió lớn nhất hầu như chỉ xảy ra ở sân trong nhưng gió ở các phòng quanh sân trong thì gần như không có.

Kết quả mô phỏng CFD cũng cho thấy tốc độ gió trong nhà nhỏ hơn nhiều so với ngoài nhà, ngay cả khi đã thêm sân trong vào. Vận tốc gió trung bình trong nhà là 0,25 m/s so với vận tốc gió ở độ cao 10m ngoài nhà là 1,85 m/s. Vận tốc gió tối đa là 0,72 m/s đo được tại cửa giữa hành lang và phòng ngủ số 1. Tốc độ gió trung bình 0,25 m/s rất ít thay đổi được cảm giác nhiệt của con người [5]. Tuy nhiên, một sự cải thiện dù nhỏ về vận tốc gió cũng tác động mạnh đến lưu lượng thông gió và vì vậy cải thiện rõ chất lượng không khí trong nhà. Hình 6 so sánh điều kiện gió trong 2 ngôi nhà trước và sau cải tạo khi có gió Đông Nam thổi tới.

Về vai trò của sân trong, dòng khí và sự phân bố áp suất tĩnh chỉ ra bởi kết quả mô phỏng CFD cho thấy: có một vùng áp suất thấp nằm ở miệng của sân trong, hút dòng không khí hướng lên trên. Điều này cho thấy sân trong hoạt động như 1 cửa ra, tổng không khí ra khỏi nhà. Theo tài liệu [6], với những nhà mái dốc thấp hoặc mái bằng, áp suất âm luôn tồn tại trên mái nhà. Áp suất này duy trì lực hút ở miệng của sân trong, hút không khí ra khỏi đó. Hiệu ứng này rất có giá trị nếu không khí bên trong nhà bị nóng và thoát lên mái qua sân trong. Hiệu ứng này được thể hiện rõ trong Hình 7.

Có 2 nguyên nhân làm vận tốc gió trong nhà không đủ lớn như mong muốn: (1) Chênh lệch áp suất nhỏ giữa cửa gió vào trước nhà và miệng sân trong, chỉ khoảng 0.5 Pa. Nguyên nhân là do ngôi nhà phố bị bao quanh bởi các nhà lân cận, làm giảm tốc độ gió xung quanh nhà và do đó làm giảm mạnh áp suất động của gió. (2) Theo Nguyễn và Reiter [3], dòng không khí zig-zac trong nhà do sự bố trí lệch các cửa sinh ra các vùng gió chuyển động rối, làm tiêu tan động năng của gió và chuyển nó thành nhiệt năng, qua đó làm giảm vận tốc gió. Động năng gió một khi đã mất đi thì không thể hồi phục lại.

4. Kết luận

Đối với nhà biệt lập, sân trong hoạt động như là cửa cho gió ra, nó tạo ra 1 vùng hút gió, thúc đẩy thông gió xuyên phòng. Nếu các phòng sau đóng cửa, dòng không khí ở phòng trước sẽ tăng lên. Khi các phòng trước đóng, sân trong có thể tạo ra thông gió cho các phòng sau. Sự có mặt của sân trong vì vậy cho phép người sử dụng có thêm lựa chọn để điều khiển thông gió và dòng không khí trong nhà.

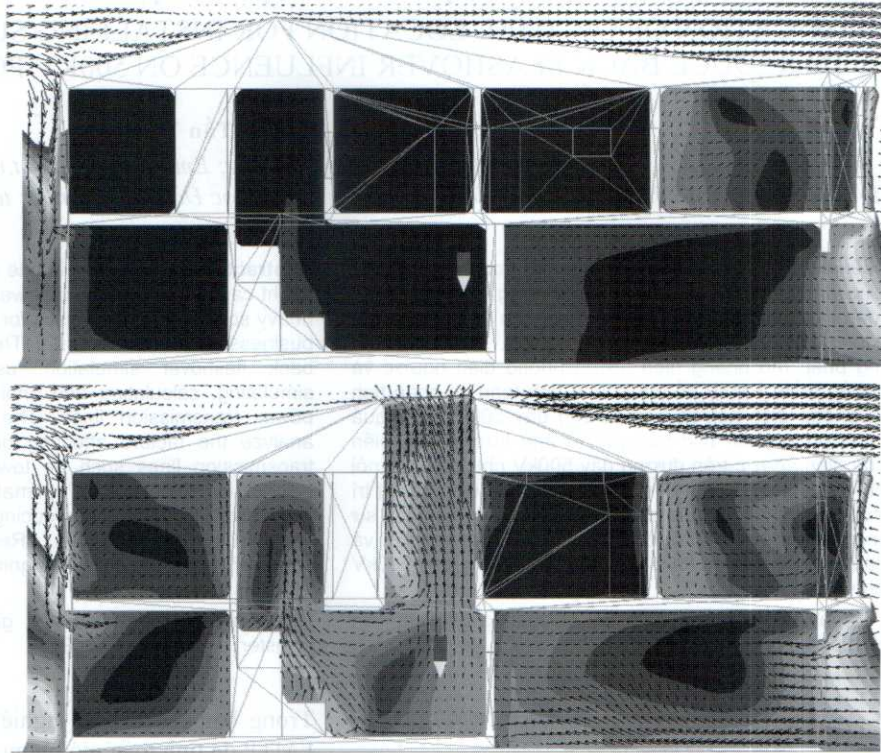
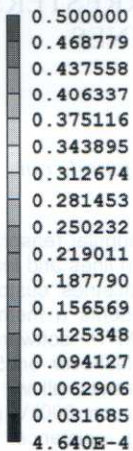
Đối với nhà phố, với cấu trúc hiện tại, khả năng thông gió rất kém so với nhà biệt lập. Việc thêm sân trong vào giúp cải thiện chất lượng không khí và tốc độ dòng không khí trong nhà, nhưng vẫn không đủ lớn để tạo cảm giác mát mẻ cho người sử dụng. Dù vậy, sự có mặt của sân trong trong kiểu nhà phố là cần thiết cho không chỉ là vấn đề thông gió mà còn để lấy sáng và ánh nắng mặt trời.

Phương pháp CFD có thể dùng để giả định nhiều giải pháp cải thiện điều kiện tiện nghi trong các công trình

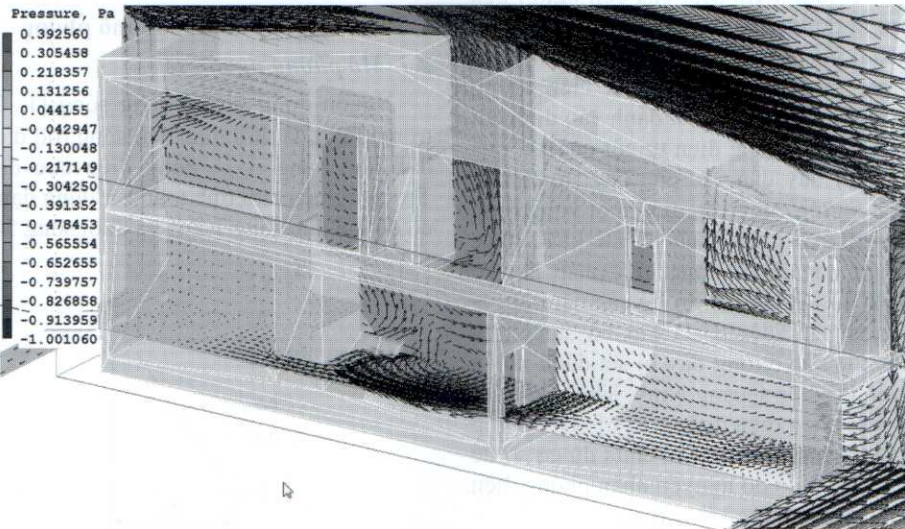
khác nhau, so sánh và lựa chọn giải pháp tối ưu nhất. Vì vậy, phương pháp này có thể được sử dụng như một công cụ hữu ích trong giải quyết nhiều bài toán liên quan đến

kiến trúc như: thông gió tự nhiên, lựa chọn hình thức nhà cửa chống gió bão, thiết kế các hình thức cửa đón gió, giải quyết các vùng gió xoáy quanh nhà cao tầng.

Velocity, m/s



Hình 6. Mặt cắt dọc nhà, mô tả vận tốc gió bên trong khi có gió Nam, trường hợp không có (trên) và có giếng trời (dưới)



Hình 7. Mặt cắt dọc nhà, mô tả dòng không khí và sự phân bố áp suất tĩnh khi có gió Đông Nam

Tài liệu tham khảo

- [1] Versteeg, H. K. và Malalasekera, W., *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*, Addison Wesley Longman Ltd., 1995.
- [2] ASHRAE, *ASHRAE handbook of Fundamentals*, ASHRAE, Inc., 2009.
- [3] Nguyen, A. T. và Reiter, S., "The effect of ceiling configurations on indoor air motion and ventilation flow rates", *Building and Environment*, tập 46, Elsevier, 2011, trang 1211-1222.
- [4] PHOENICS 2010, Available from <http://www.cham.co.uk> [Truy cập 25/10/2013], CHAM Co. 2013.
- [5] Cândido, C., và các đồng sự, "Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone", *Building and Environment*, tập 45, Elsevier, 2010, trang 222-229.
- [6] Legacy Resources Management Program, *Cooling buildings by natural ventilation*, U.S. Department of Defense, 1990.