

## บทคัดย่อภาษาไทย

งานวิจัยโครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากทบวงมหาวิทยาลัย ในหัวข้อเรื่อง การศึกษา ปริมาณที่เหมาะสมในการใช้สอยเพื่อการพักอาศัยขั้นต่ำสุดของอาคารประเภทแฟลต (กรณีศึกษา โครงการการเคหะฯ ดินแดง, กรุงเทพมหานคร)

ขบวนการในการศึกษาเพื่อค้นหาคำตอบของค่าปริมาตรที่วางที่เหมาะสมของแต่ละพฤติกรรม และ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาตรดังกล่าว ซึ่งสามารถแสดงเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ในแต่ละเดือน แต่ละปี และราย 3 ชั่วโมง
2. ศึกษาขบวนการชีวะภาพของการเผาผลาญอาหารภายในร่างกายของมนุษย์ผู้ชาย ซึ่งนำไปสู่การผลิตความร้อนที่แปรตามพฤติกรรมที่เกิดขึ้นขณะนั้น เช่น อัตราค่าเฉลี่ยการเผาผลาญอาหารต่อคน ที่แปรตามพฤติกรรม ของการนอนหลับ มีค่าเท่ากับ 70 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง, การนั่งพักผ่อน มีค่าเท่ากับ 100 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง และพฤติกรรมการทำงานเบาๆมีค่าเท่ากับ 120 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง
3. ศึกษาขบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างผิวหนังรอบนอก ของมนุษย์และอากาศที่อยู่รอบๆ โดยการแผ่รังสี การพาความร้อน และการระเหยกลายเป็นไอ
4. ศึกษาผลที่เกิดเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น ลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพของ บริเวณที่ตั้งอาคารในโครงการ รวมทั้งปริมาตรของหน่วยพักอาศัย
5. ศึกษาสองทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ ทฤษฎีแรกเกี่ยวกับดัชนีสภาวะความสบายทางอุณหภูมิ เรียก The index of thermal stress (ITS.) ซึ่งเป็นทฤษฎีการจำลองชีวะภาพที่อธิบายถึงค่ากลไกความร้อนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อม ส่วนทฤษฎีที่สองจะเกี่ยวกับสภาวะความสบายที่เกิดจากการระบายความร้อน แสดงถึงสภาพของร่างกายที่ไม่มีความชื้นที่ผิวรอบนอกของร่างกาย ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะของอากาศที่เคลื่อนที่ในขณะนั้น อัตราการพาความร้อน และ ปริมาตรอากาศที่แวดล้อม
6. ศึกษาความเร็วและทิศทางลมประจำ รวมทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพของสถานที่ตั้งโครงการ เพื่อพิจารณาพื้นที่ช่องเปิดที่เหมาะสมในการระบายอากาศทางทฤษฎี ในที่สุดจะนำไปเปรียบเทียบกับพื้นที่ช่องเปิดในสภาพที่เป็นจริง ในงานวิจัยนี้ไม่เพียงแต่ศึกษาปริมาตรที่วางที่เหมาะสมของพฤติกรรม แต่ได้ศึกษาถึงที่ว่าง ของมนุษย์ให้มีสภาวะความสบายภายใต้ สภาพแวดล้อมที่ร้อน ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงพุ่งประเด็นไปยังอิทธิพลของภูมิอากาศ ซึ่งแสดงผลเป็นข้อๆ ดังนี้

## 1 วิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศ

1.1 ข้อมูลภูมิอากาศระหว่าง พ.ศ. 2539 – 2544 สถานีกรุงเทพ ค่าช่วงอุณหภูมิระหว่าง  $34.33^{\circ}\text{C}$  –  $32.29^{\circ}\text{C}$  ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 89.92 – 80.5 % และความเร็วลมที่ระดับ 33.5 เมตร เท่ากับ 2.82 – 1.82 นอต

คำนวณเป็นค่า Corrected Effective Temperature Index (CET.) ในตารางข้างล่างนี้แสดงค่าช่วงขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของสภาวะความสบายทางอุณหภูมิ หน่วยเป็น  $^{\circ}\text{C}$  CET. ในช่วง พ.ศ. 2541 – 2544

	2541	2542	2543	2544
Upper limit of comfort zone	26.11	25.68	25.7	26.03
Lower limit of comfort zone	23.11	22.68	22.68	23.03

1.2 พิจารณาค่าเฉลี่ยข้อมูลลม 4 ปี ราย 3 ชั่วโมง ระหว่าง ปี พ.ศ. 2541 – 2544 แสดงค่าความเร็วของลมที่สูงนั้นจะเกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา 13.00 – 16.00 น.

	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Velocity (knots)	1.21	0.745	1.073	2.94	3.75	3.43	2.45	1.68

## 2 ผลของการศึกษาและวิจัย จากข้อมูลภูมิอากาศรายปี

2.1 ศึกษาค่าต่างๆของปริมาตรตามพฤติกรรมของมนุษย์ผู้ชาย 1 คน โดยการวัดแบบสัมผัสใกล้ชิด เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ซึ่งจะได้ค่าสูงสุดในแต่ละพฤติกรรมของร่างกาย โดยสามารถสรุปเป็นค่าปริมาตรดังนี้ 1.0533 ลบ.ม. สำหรับการยืน 1.1096 ลบ.ม. สำหรับการนั่งบนเก้าอี้หรือนั่งขัดสมาธิบนพื้น, 0.8478 ลบ.ม. สำหรับการนอน 0.7022 ลบ.ม. สำหรับการเดิน และค่าต่ำสุดของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์สำหรับมนุษย์ผู้ชาย เท่ากับ 0.309 ลบ.ม.

2.2 การพิจารณาร่วมกันของปัจจัยต่างๆ เช่น ข้อมูลภูมิอากาศ 6 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2539 – 2544 และสภาพแวดล้อมของสถานที่ตั้งโครงการ โดยใช้ทฤษฎี Thermal Stress Index (ITS.) ดังแสดงข้างล่าง

$$S = [M - 0.2 (m - 100) \pm \alpha v^{0.3} (t_a - 35^{\circ})] e^{0.6(E/E_{\max} - 0.12)}$$

และทฤษฎีสภาวะความสบายด้วยการระบายอากาศ

$$S = (1300 \times \text{ACH} \times \text{Volumetric Space/Person} \times \Delta T) / 3600$$

ค่าที่แสดงในตารางข้างล่างนี้ เป็นค่าปริมาตรที่ว่างต่อคน หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร ในแต่ละพฤติกรรม และตามความสูงของชั้นของแฟลต (ความสูงดังกล่าวมาจากระยะกึ่งกลางของแต่ละชั้นกับระดับพื้นชั้นล่างสุด)

	13.35 m.	10.50 m.	7.65 m.	4.80 m.
Basal metabolism	50.95	51.33	51.84	52.61
Sitting at rest	72.01	72.55	73.36	74.49
Sedentary activity	87.1	87.8	88.73	90.22

2.3 ตารางข้างล่างนี้แสดงค่าความหนาแน่นของการอยู่อาศัย ต่อปริมาตรในส่วนพื้นที่อเนกประสงค์ (61.464 ลบ.ม.) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นที่การเคหะแห่งชาติกำหนดที่ 5.3 คน ต่อหน่วยพักอาศัยจะเห็นว่า ในงานวิจัยนี้มีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 1.3 คน ต่อหน่วยพักอาศัย

	13.35 m.	10.50 m.	7.65 m.	4.80 m.
Basal metabolism	2.8	2.8	2.7	2.6
Sitting at rest	1.8	1.7	1.7	1.7
Sedentary activity	1.4	1.4	1.4	1.3

3 ผลของการศึกษาและวิจัย จากการเก็บข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ณ. หน่วยพักอาศัยที่เป็นกรณีศึกษา

3.1 ตารางข้างล่างนี้ แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาตรที่ว่าง ราย 3 ชม. ในแต่ละพฤติกรรมในบ้าน เฉพาะระดับความสูง 7.65 เมตร ซึ่งเป็นชั้นของห้องที่เป็นกรณีศึกษา (ชั้นที่ 2 ของอาคารแฟลตเลขที่ 29)

	A.M				P.M.			
	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Basal metabolism	2.35	1.94	1.97	13.00	24.40	41.09	4.77	2.57
Sitting at rest	4.41	4.22	4.13	18.45	34.48	55.00	7.93	5.14
Sedentary activity	6.18	5.81	5.90	22.57	42.61	67.14	10.46	7.28

3.2 ตารางข้างล่างนี้ แสดงค่าปริมาตรที่ว่างต่อคนในช่วงที่มีความร้อนวิกฤต (ค่าอุณหภูมิอากาศที่สูงกว่า 35 °C ซึ่งเป็นค่าระดับอุณหภูมิที่ผิวหนัง)

	13.00 ( 01.00 P.M. )		16.00 ( 04.00 P.M. )	
	M <sup>3</sup> /person	M <sup>2</sup> /person	M <sup>3</sup> /person	M <sup>2</sup> /person
Basal metabolism	76.3	28.7	214.9	82.65
Sitting at rest	99.7	38.3	276.6	106.4
Sedentary activity	119.1	45.8	325.3	125.1

3.3 ตารางข้างล่างนี้แสดงค่าความหนาแน่น ต่อปริมาตรที่ว่างของพื้นที่อเนกประสงค์ ณ ระดับความสูงของห้องที่เป็นกรณีศึกษา

	.A.M				P.M.			
	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Basal metabolism	26.2	31.7	31.2	4.7	2.5	1.5	12.9	23.9
Sitting at rest	13.9	14.6	14.9	3.3	1.8	1.1	7.8	12.0
Sedentary activity	10	10.6	10.4	2.7	1.4	0.9	5.9	8.4

ตารางต่อเนื่องที่แสดงข้างล่างนี้ แสดงความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัยในช่วงที่เกิดพฤติกรรมนั้นๆจริง เช่น พฤติกรรมการนอนหลับ กำหนดอยู่ระหว่าง 19.00 น. – 4.00 น. และการนั่งพักผ่อน ระหว่าง 07.00 น. – 19.00 น. พฤติกรรมการทำงานบ้านแบ่งเป็นช่วงเช้า ระหว่าง 07.00 น. – 10.00 น. และ ในช่วงบ่าย 16.00 น. – 19.00 น.

	A.M.				P.M.			
	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Basal metabolism	26.2	31.7					12.9	23.9
Sitting at rest			14.9	3.3	1.8	1.1	7.8	
Sedentary activity			10.4	2.7		0.9	5.9	

ผลการสำรวจปรากฏว่า มีบางห้องที่ถูกใช้ให้เป็นที่พักนอนของคนจำนวนมากกว่า 10 คน ซึ่งแสดงค่าดังกล่าวในงานวิจัยนี้ว่ามีความเป็นไปได้ เนื่องด้วยพฤติกรรมดังกล่าวอยู่ในช่วงเวลาที่ไม่ใช่ร้อนวิกฤต

จากตารางที่แสดงข้างบนนี้สามารถสรุปเป็นผลของการวิจัยดังนี้ พฤติกรรมการนอนหลับ กำหนดอยู่ระหว่าง 19.00 น – 04.00 น. ความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัย 12.9 คน และนั่งพักผ่อน ระหว่าง 07.00 น. – 10.00 น. ความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัย 3.3 คน และช่วงบ่าย 13.00 น. -19.00 น. ความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัย 1.1 คน และพฤติกรรมการทำงานช่วงเช้า ระหว่าง 07.00 น. – 10.00 น. ในช่วงเช้า ความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัย 2.7 คน และ 16.00 น. – 19.00 น. ในช่วงบ่ายความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัย 0.9 คน

#### 4. การแสดงผลที่เกี่ยวข้อง

4.1 ตารางข้างล่างนี้แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาตรที่ว่างต่อคนและพื้นที่ต่อคนในชั้นที่สองที่ใช้เป็นกรณีศึกษาระหว่างผลที่เกิดจากการวัดราย 3 ชั่วโมงในช่วงเวลาวิกฤต ช่วงเวลา 13.00 – 16.00 น. ของปี พ.ศ. 2544 และค่าเฉลี่ยข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนของปีเดียวกัน

	Mean between 13.00 – 16.00		Data for the year 2001	
Basal metabolism	32.75 M <sup>3</sup>	12.60M <sup>2</sup>	32.24 M <sup>3</sup>	12.40 M <sup>2</sup>
Sitting at rest	44.74 M <sup>3</sup>	17.21 M <sup>2</sup>	46.71 M <sup>3</sup>	17.97 M <sup>2</sup>
Sedentary activity	54.88 M <sup>3</sup>	21.11 M <sup>2</sup>	57.08 M <sup>3</sup>	21.95 M <sup>2</sup>

4.2 ตารางข้างล่างนี้แสดงค่าพลังงานหน่วยเป็นวัตต์ที่ต้องการระบายออกเป็นเหงื่อในแต่ละพฤติกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2539 – 2544 โดยแยกตามระดับความสูงที่พิจารณาในแต่ละชั้นของแพลตฟอร์ม.

	13.35 M.	10.50M.	7.65 M.	4.80M.
Basal metabolism	70.5	71.3	72.5	74.2
Sitting at rest	103.5	104.9	106.5	108.8
Sedentary activity	127.4	128.9	130.8	134.2

4.3 ตารางข้างล่างนี้แสดงค่าเฉลี่ยของค่า SP Scale (Sensible Perspiration Scale) ค่า SP Scale ที่แสดงโดยสรุปไม่มากกว่า 2 อยู่ประมาณ 1 หมายถึง ผิวกายมีความชื้น จนถึงความชื้นที่ผิวกายยังไม่ปรากฏ

	13.35 M.	10.50M.	7.65 M.	4.80M.
Basal metabolism	0.625	0.708	0.778	0.861
Sitting at rest	0.958	0.958	1.014	1.056
Sedentary activity	1.083	1.111	1.236	1.361

- 4.4 การพิจารณาเรื่องพื้นที่ของช่องเปิดของอาคารว่าเพียงพอกับการระบายอากาศ โดยการตั้งค่าการแลกเปลี่ยนอากาศที่ 4 Air Changes/ hr. สำหรับอาคารประเภทที่พักอาศัย ในสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคารที่ทำการวิจัย เพื่อหาค่าพื้นที่ช่องเปิดทางทฤษฎีที่ควรจะเป็นในแต่ละชั้นของอาคาร และเปรียบเทียบกับพื้นที่ช่องเปิดในทางปฏิบัติที่เป็นจริง ดังตารางที่แสดงข้างล่างนี้

	Practically open area		Theoretically effective open area	
	In & out area(M <sup>2</sup> )	% of floor area	In & out area(M <sup>2</sup> )	% of floor area
13.35 m.	only window In & out area 3.1 M <sup>2</sup>	9.08	3.8	10.7
10.5 m.			4.1	11.8
7.65 m.	add door area and window in & out 4.8 M <sup>2</sup>	14.06	4.7	13.4
4.80 m.			5.7	16.2

ตามกฎหมายกำหนดพื้นที่ช่องเปิดสำหรับการอยู่อาศัยอย่างน้อย 10% ปรากฏว่าในอาคารที่เป็นกรณีศึกษาต้องการพื้นที่ช่องเปิดสูงกว่า 10% ทั้งสิ้น โดยเฉพาะ ชั้นแรกๆ ของอาคารนี้ต้องการพื้นที่ช่องเปิดมากกว่าชั้นอื่นๆ และชั้นที่สูงกว่าต้องการพื้นที่ช่องเปิดที่ลดลง โดยมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศคงเดิม

โดยสรุปของผลที่ได้รับจากการวิจัยในโครงการนี้ แสดงค่า ปริมาตรที่ว่างที่ครอบคลุมร่างกายมนุษย์ไว้ เพื่อสร้างสภาวะความสบาย และเปลี่ยนแปลงไปไม่คงที่ โดยแปรผันตามพฤติกรรมใดๆ สภาพแวดล้อมทางกายภาพของที่พักอาศัย รวมทั้งสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการนำเสนอค่าความหนาแน่นการอยู่อาศัยใหม่ โดยขึ้นอยู่กับ พฤติกรรมและเวลาที่กระทำพฤติกรรมนั้น

This research, namely “ a study of the appropriate minimum function space for living flat type residence (case study: Din - Daeng housing project, Bangkok), be subsidized by the ministry of university affairs.

Study progressive; finding;

To find the solutions; the appropriate minimum volumetric space of each functional activities and the factors influence effective the change of volumetric space.

1. Study the variation of climatic datum of each year, month and 3 hours.
2. Study metabolism rates for adult male, the biophysical process within the body, lead to the production of heat. Total average metabolic rates per person vary by his activity, as 70 kcal/h of basal metabolism, 100 kcal/h of sitting at rest and 120 kcal/h of sedentary activity.
3. Study the heat interchange process between skin surface of human body and air neighboring by radiation, convection and evaporation.
4. Study the consequence of microclimate, context of the building site and actually volumetric living space unit.
5. Study 2 theories, in firstly, the thermal comfort index, name ITS, the index of thermal stress, a biophysical model describing the mechanisms of heat exchange between the body and the environment. Secondary, theory about the thermal comfort ventilation by heat transfer, providing comfortable to prevent moist skin dependent on the climatic conditions in terms of air velocity, convection heat flow rate from body skin and surrounding air.
6. Study the wind velocity, prevailing direction, and context of the case study's building, to consider about in-out window area compared with window area in theory.

7. In this research not only study of the volumetric space for activities but also space for human comfort in thermal environment, so the theme indicated the climatic influences, originated all the solution, as shown underneath:-

**Part one;** to analysis the climatic datum as below;

- 1.1 Six years of climatic datum, between 1996 – 2001, Bangkok station, 34.33 – 32.29 °C range of air temperature, 89.92 – 80.5 % of relative humidity and 2.82 – 1.82 knots, 33.5 meters height of wind velocity. To calculate from climatic datum for corrected effective temperature index (CET) : comfort zone ranges as shown :-

	1998	1999	2000	2001
Upper limit of comfort zone	26.11	25.68	25.7	26.03
Lower limit of comfort zone	23.11	22.68	22.68	23.03

- 1.2 To calculate total average wind velocity from 4 years between the year 1998 – 2001, 3 hours each, showing about higher velocities usually occurred between 01.00 – 04.00 p.m.

	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Velocity (knots)	1.21	0.745	1.073	2.94	3.75	3.43	2.45	1.68

**Part two:** the result of the study from 6 years climatic datum;

2.1. To study the variation of activity volumes, measuring closely the human body in cubical figure, be showed that the maximum space requirement of various body postures from adult as 1.0533 m<sup>3</sup> for standing, 1.1096 m<sup>3</sup> for sitting on chair or squat on floor 0.8478 m<sup>3</sup> for lying on bed and 0.7022 m<sup>3</sup> for walking, minimum value for human cubic about 0.309 m<sup>3</sup>.

2.2 To combine effect of many factors, 6 years between 1996-2001 climatic datum, the context of case study location and theory index of thermal stress (ITS.), as:-

$$S = [M - 0.2 (m-100) \pm \alpha V^{0.3} (t_a - 35^0)] e^{0.6(E/E_{max} - 0.12)}$$

And theory of thermal comfort ventilation by heat transfer, as:-

$$S = (1300 \times \text{ACH} \times \text{volumetric space/person} \times \Delta T) / 3600$$

To typify the volumetric space per person of each functional activities and floor height;

	13.35 m. 4 <sup>th</sup> floor	10.50 m. 3 <sup>rd</sup> floor	7.65 m. 2 <sup>nd</sup> floor	4.80 m. 1 <sup>st</sup> floor
Basal metabolism	50.95	51.33	51.84	52.61
Sitting at rest	72.01	72.55	73.36	74.49
Sedentary activity	87.1	87.8	88.73	90.22

Remark : The height of each floor, as shown, came from the height between middle level of floor to ceiling of each floor and the ground floor.

2.4 Thence, living density, as shown in table below, numbers of person / multipurpose living space (about 61.464 M<sup>3</sup>)

	13.35 m. 4 <sup>th</sup> floor	10.50 m. 3 <sup>rd</sup> floor	7.65 m. 2 <sup>nd</sup> floor	4.80 m. 1 <sup>st</sup> floor
Basal metabolism	2.8	2.8	2.7	2.6
Sitting at rest	1.8	1.7	1.7	1.7
Sedentary activity	1.4	1.4	1.4	1.3

To compare with the purpose living density from national housing authority as 5.3 persons/unit, and upper tables, in critical time of 6 years, 12 month, showing the total average was not more than 1.3 person in every activity, and every floor of flat building.

**Part three:** the result of the study of 7.65 meters height of case study room, recording 51 days of each 3 hours for one year of 2001.

3.1 To show the variation of the volumetric space of 3 hours each in functional activities.

	A.M.				P.M.			
	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Basal metabolism	2.35	1.94	1.97	13.00	24.40	41.09	4.77	2.57
Sitting at rest	4.41	4.22	4.13	18.45	34.48	55.00	7.93	5.14
Sedentary activity	6.18	5.81	5.90	22.57	42.61	67.14	10.46	7.28

3.2 To understand about the volumetric space per person in critical thermal period.

	13.00 (1 PM.)		16.00 (4 PM.)	
	M <sup>3</sup> /person	M <sup>2</sup> /person	M <sup>3</sup> /person	M <sup>2</sup> /person
Basal metabolism	76.3	28.7	214.9	82.65
Sitting at rest	99.7	38.3	276.6	106.4
Sedentary activity	119.1	45.8	325.3	125.1

3.3 Living density / multi-purpose living space (about 61.464 m<sup>3</sup>) of case study unit, at 7.65 m. floor height

	A.M.				P.M.			
	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Basal metabolism	26.2	31.7	31.2	4.7	2.5	1.5	12.9	23.9
Sitting at rest	13.9	14.6	14.9	3.3	1.8	1.1	7.8	12.0
Sedentary activity	10	10.6	10.4	2.7	1.4	0.9	5.9	8.4

3.4 To clear a time of each activity acts, assume as basal metabolism used to do between 19.00 – 04.00, sitting at rest between 07.00 – 19.00 and sedentary activity between 07.00 – 10.00, 16.00 – 19.00.

	A.M.				P.M.			
	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Basal metabolism	26.2	31.7					12.9	23.9
Sitting at rest			14.9	3.3	1.8	1.1	7.8	

Sedentary activity			10.4	2.7		0.9	5.9	
--------------------	--	--	------	-----	--	-----	-----	--

To consider about living density/ living space as shown; living space can be used to sleep about 12 person and sitting at rest about 3 person in the morning, one person in the evening, also working sedentary about 2 person in the morning and one person in the evening. All these conclusion happening on the second floor, 7.65 m. floor height of flat building no. 29.

3.5 Comparison with volumetric space per person and area per person on second floor between critical thermal period 3 hours recording and yearly climatic datum in the same year, 2001, as shown under:-

	Means between 13.00 – 16.00		Yearly climatic data for the year 2001	
	Basal metabolism	32.75 M <sup>3</sup>	12.60M <sup>2</sup>	32.24 M <sup>3</sup>
Sitting at rest	44.74 M <sup>3</sup>	17.21 M <sup>2</sup>	46.71 M <sup>3</sup>	17.97 M <sup>2</sup>
Sedentary activity	54.88 M <sup>3</sup>	21.11 M <sup>2</sup>	57.08 M <sup>3</sup>	21.95 M <sup>2</sup>

Part four: The another studies;

4.1 To find out the energy in watts required sweat rate from each activity between the year 1996 –2001.

	13.35 M.	10.50M.	7.65 M.	4.80M.
Basal metabolism	70.5	71.3	72.5	74.2
Sitting at rest	103.5	104.9	106.5	108.8
Sedentary activity	127.4	128.9	130.8	134.2

4.2 To find the representative total average of sensible perspiration scale (SP. Scale) each activity

	13.35 M.	10.50M.	7.65 M.	4.80M.
Basal metabolism	0.625	0.708	0.778	0.861
Sitting at rest	0.958	0.958	1.014	1.056
Sedentary activity	1.083	1.111	1.236	1.361

Conclusion, SP. Scale for over all not more than 2, about 1, meaning skin clammy but moisture invisible.

4.3 To estimate the evaluation of natural ventilation system in flat building, specially of case study, by assume the ventilation rate for living space as 4 air changes per hour, and finally showing the area of effective open area in theory, comparison with the open area in practical. (34.14 M<sup>2</sup> of floor area) As table showing below, case one, expressed the quantity of actually open in & out window area not enough for natural ventilation system. And case two, by adding the door area, the practically open areas were enough for the upper of second floor, but not for the first floor.

	Practically open area		Theoretically effective open area	
	In & out area(M <sup>2</sup> )	% of floor area	In & out area(M <sup>2</sup> )	% of floor area
13.35 m.	Case 1; 3.1 M <sup>2</sup> of only window in & out area	9.08	3.8	10.7
10.5 m.			4.1	11.8
7.65 m.	Case 2; 4.8 M <sup>2</sup> of in & out window and also door area	14.06	4.7	13.4
4.80 m.			5.7	16.2

Legal requirements need open area in minimum not less than 10% of floor area. It can said that the level above 13.36 m. height, can be installed open area only 10 % of floor area, but it was not enough for ventilation on the floors below.

Conclusion; to understand clearly about human bubble space after working with this research, indicated about the volumetric space for functional activities, that could be varied with climatic factors, the context of case study building, and considerable period.

Finally, this research present the newly procedure to find the quantity of individual volumetric space for living and also population density in the whole, consider to prevent crime and dangerous events in social.