



เอกสารอ้างอิง

1. P. Chandra and D. H. Willits, "Pressure drop and heat transfer characteristics of air-rock bed thermal storage system., "Solar energy, Vol. 27, No. 6, pp. 547-553, 1981.
2. Frank W. Schmidt and A. John Willmoot, Thermal energy storage and regeneration., Mc Graw-Hill Book Company., New York, 1981.
3. G.O.G. Lof and R. W. Hawley, "Unsteady-state heat transfer between air and loose solids. "Indst. Eng. Chem, 40(6), pp. 1061-1070, 1948.
4. John A. Duffic, William A. Beckman, Solar engineering of Thermal process., John Wiley & Son., New York, 1980.
5. S.A. Klein et al., "TRNSYS, a transient simulation program.," Engineering Experiment Station Rep. 38, University of Wisconsin, Madison, 1974.
6. Willian C. Dickinson, Paul N. Cheremisinoff, Solar energy technology handbook., Marcel Dekker, Inc., New York, 1980.
7. Natavut Trinestsampan, "Thermal rock bed storage performance"., M. S. Thesis., Asian Institute of Technology, Bangkok, 1981.
8. F. Yoshida, D. Ramaswami and O. A. Hongen, "Rock bed thermal storage for cement plant", AICHE Journal, Vol. 8, pp. 5-11, 1972.
9. D. J. Close, R. V. Dumkle, K. A. Robeson, "Design and Performance of a Thermal Storage Air Conditioner System.", Mech. and Chem. Engineering Trans. Inst. Engrs., MC4, 45 Australia, 1968.
10. K.G.T. Hollands, H. F. Sullivan, E. C. Shewen, "Flow uniformity in rock bed." Solar World Congress., Edited by S. V. Szokolay, Vol. 1, A Wheaton & Co. Ltd., Great Britain, 1984.

11. B. T. Kulakowskv, F. W. Schmidt, "Design of a Packed Bed Thermal Storage Unit for a Solar System", Journal of Solar Energy Engineering., Vol. 104, pp. 223-228, 1982.
12. D. J. Close, "Rock Pile Thermal Storage for Comfort Air Conditioning", Mech. and Chem. Engineering Trans. Inst. Engrs., Australia, 1965.
13. P. Chandra et al, "Pressure drop of unidirectional air flow through rock bed", Trans. ASAE. in Press., 1981.
14. นิมิตร บัวเล็ก, "เครื่องอบกล้วยโดยใช้พลังงานไฟฟ้าควบแน่นอาทิตย์", วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.
15. วันชัย ริจิรวณิช และ ช่อม พลอยมีค่า, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 5, 2529.
16. R.H.B. Exell and Kaya Saricali, The availability of solar energy in Thailand., A.I.T., Bangkok, 1976.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แสดงข้อมูลอุณหภูมิภายในเบตที่เวลาและตำแหน่งต่าง ๆ กัน

ตารางที่ ก.1 แสดงอุณหภูมิภายในเบด เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr.

ขนาดหิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$ เบดสูง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	28.9	28.9	29.1	29.4	29.5	29.4	29.3	29.4	27.2	27.3
00:30	29.3	29.3	29.4	29.5	29.5	29.4	34.4	33.8	49.3	46.5
01:30	29.4	29.3	29.4	29.5	35.1	33.6	46.8	46.5	51.9	50.8
01:30	30.9	30.0	33.1	33.1	45.5	44.0	51.3	51.3	52.9	51.9
02:00	37.5	36.0	41.7	41.5	50.0	49.9	52.6	52.6	54.4	53.4
02:30	45.2	44.1	48.4	48.4	52.4	52.1	54.0	54.1	56.0	55.1
03:00	49.7	49.1	51.4	51.5	53.9	53.5	55.4	55.4	56.4	56.1
03:30	51.9	51.5	53.0	53.0	55.1	54.8	56.3	56.3	57.2	56.8
04:00	53.4	53.1	54.3	54.3	56.2	55.9	57.0	57.0	57.9	57.5
DISCHARGE										
04:00	53.4	53.1	54.3	54.3	56.2	55.9	57.0	57.0	57.9	57.5
04:30	34.1	35.0	44.5	46.6	54.8	54.9	55.9	56.3	56.6	56.6
05:00	31.5	31.5	32.8	33.5	45.9	47.1	53.4	54.3	55.2	55.4

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
05:30	31.2	31.2	31.3	31.5	35.2	36.0	44.2	46.7	51.8	52.6
06:00	31.0	31.1	31.0	31.2	32.1	32.2	35.8	37.5	46.8	42.5
06:30	30.7	30.7	30.7	30.8	31.2	31.1	32.0	32.6	39.3	40.4
07:00	30.6	30.6	30.7	30.7	30.9	30.9	31.1	31.2	36.4	37.1
07:30	29.8	29.9	30.1	30.2	30.6	30.6	30.8	30.8	33.3	34.0
08:00	29.3	29.4	29.7	29.9	30.6	30.5	30.7	30.8	32.7	33.2

ตารางที่ ก.2 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr.
ขนาดหิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, เบตสูง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	25.3	25.3	27.4	27.6	28.0	28.1	28.4	28.4	27.8	27.9
00:30	27.9	27.8	28.1	28.1	28.9	28.5	36.4	35.7	49.9	48.2
01:00	28.4	28.2	29.4	29.4	38.9	37.3	49.1	48.9	54.0	53.0
01:30	33.5	32.2	37.4	37.1	48.5	47.9	53.7	53.7	56.2	55.5
02:00	43.0	41.3	46.9	46.8	53.4	53.0	56.1	56.2	57.0	56.5
02:30	50.3	49.2	52.5	52.5	55.7	55.7	57.0	57.2	58.1	57.7
03:00	53.9	53.4	55.2	55.3	56.9	56.6	57.9	58.1	58.8	58.4
03:30	55.8	55.5	56.5	56.8	57.0	57.7	58.0	58.1	57.7	57.4
04:00	57.0	56.8	57.4	57.5	58.0	57.9	58.2	58.1	57.9	57.7
DISCHARGE										
04:00	57.0	56.8	57.4	57.5	58.0	57.9	58.2	58.1	57.9	57.7
04:30	28.5	29.6	40.3	43.7	57.2	57.4	57.7	57.7	57.4	57.3
05:00	25.8	25.9	26.6	27.0	39.0	41.2	52.6	54.6	56.7	56.7

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
05:30	25.7	25.8	25.9	26.0	27.7	28.3	36.4	39.8	50.7	52.3
06:00	25.4	25.4	25.3	25.4	25.3	25.2	33.8	35.9	43.2	45.1
06:30	25.8	25.9	25.9	25.9	25.3	25.2	30.4	30.6	36.1	36.4
07:00	26.1	26.0	25.8	26.0	25.8	25.4	27.3	27.3	31.6	32.5
07:30	25.9	25.9	25.9	25.9	25.6	25.5	25.4	25.4	28.7	29.3
08:00	25.6	25.7	25.7	25.8	25.6	25.5	25.4	25.4	27.5	27.8

ตารางที่ ก.3 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ $267.2 \text{ m}^3/\text{hr}$.
ขนาดหิน $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ " , เบตสูง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	26.6	26.5	27.1	27.1	27.3	27.4	28.0	28.0	23.5	26.0
00:30	27.1	27.0	27.2	27.2	28.9	28.3	37.6	36.8	50.0	48.5
01:00	28.2	27.7	29.8	29.6	41.1	38.8	49.8	49.6	53.3	52.5
01:30	36.2	34.2	40.6	40.3	50.0	49.2	53.3	53.3	55.7	54.9
02:00	46.1	44.7	49.2	49.2	53.7	52.9	55.5	55.6	57.0	56.4
02:30	51.6	51.0	53.2	53.1	55.2	55.4	57.2	57.3	58.2	57.7
03:00	54.2	53.8	55.2	55.2	57.0	57.0	58.0	58.2	58.5	57.9
03:30	56.2	55.9	57.0	56.9	58.0	57.7	58.5	58.6	58.5	58.2
04:00	57.3	57.1	57.8	57.9	58.4	58.1	58.3	58.5	58.2	57.8
DISCHARGE										
04:00	57.3	57.1	57.8	57.9	58.4	58.1	58.3	58.5	58.2	57.8
04:30	29.2	29.7	35.6	38.2	55.9	56.1	57.9	58.2	58.2	57.8
05:00	28.6	28.4	29.2	29.6	41.4	42.7	53.9	55.6	57.8	57.8

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
05:30	28.9	28.6	28.2	28.5	31.1	32.5	42.9	46.0	53.2	54.1
06:00	28.8	28.4	28.4	28.7	28.9	29.1	32.9	35.3	45.2	47.1
06:30	29.4	29.3	29.4	29.4	29.2	29.2	31.9	32.4	37.6	39.3
07:00	28.3	28.2	28.5	28.7	28.1	28.0	29.0	29.0	33.7	34.5
07:30	28.3	28.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.1	28.2	29.6	30.1
08:00	28.1	28.0	28.1	28.2	28.0	28.0	28.0	28.2	29.0	28.9

ตารางที่ ก.4 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr.

ขนาดหิน $\frac{3}{4}$ " - 1" , เบตสูง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	27.2	29.6	30.8	30.7	30.6	29.7	30.2	30.2	26.0	27.0
00:30	29.1	28.8	32.1	31.3	36.7	33.8	37.9	34.9	48.6	46.7
01:00	30.5	30.4	41.8	38.2	47.2	44.4	48.8	46.4	53.7	52.8
01:30	33.4	32.5	50.3	47.5	53.2	51.6	54.4	53.2	56.3	55.9
02:00	39.9	38.4	55.1	53.8	55.8	55.3	56.6	56.2	57.1	56.8
02:30	46.6	44.9	56.5	56.1	56.7	56.4	57.3	57.1	58.1	58.0
03:00	49.5	48.0	57.3	57.0	57.2	57.2	57.5	57.6	58.2	57.8
03:30	54.6	54.0	57.7	57.6	58.1	57.8	58.4	58.2	59.1	59.3
04:00	55.9	55.6	58.6	58.3	58.7	58.7	59.0	58.9	59.1	59.0
DISCHARGE										
04:00	55.9	55.6	58.6	58.3	58.7	58.7	59.0	58.9	59.1	59.0
04:30	31.6	32.7	55.1	55.9	57.7	58.0	57.9	58.2	58.2	58.4
05:00	29.6	29.9	41.7	43.6	53.7	55.1	54.4	54.9	56.4	56.9

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
05:30	29.9	29.9	31.7	32.8	43.9	47.1	46.1	47.5	52.9	54.0
06:00	29.3	29.3	29.8	29.1	34.6	37.1	36.4	37.7	46.3	47.0
06:30	29.1	29.2	29.5	29.5	31.0	32.1	31.8	32.6	41.0	41.4
07:00	29.1	29.1	29.5	29.5	30.0	30.2	30.2	30.5	37.2	37.3
07:30	28.9	28.8	29.5	29.5	29.6	29.7	29.6	29.7	34.4	34.4
08:00	28.5	28.6	29.3	29.3	29.5	29.5	29.5	29.6	31.6	31.6

ตารางที่ ก.5 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr.

ขนาดหิน $\frac{3}{4}$ " - 1" เบตสูง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	27.9	27.8	29.2	29.3	28.0	28.9	27.9	28.7	25.4	25.7
00:30	28.6	28.5	33.1	30.6	39.7	35.5	41.5	37.5	51.5	49.2
01:00	29.9	29.3	46.7	42.8	50.8	48.5	52.4	50.6	55.3	54.7
01:30	36.8	34.6	53.7	52.0	54.9	54.1	55.9	55.3	56.9	56.7
02:00	45.8	43.6	55.7	55.5	56.1	55.8	56.8	56.6	57.5	57.2
02:30	51.8	50.6	57.0	56.7	57.2	56.9	57.7	57.6	58.3	58.2
03:00	55.0	54.3	56.8	57.7	58.0	58.1	57.7	57.6	58.6	58.3
03:30	56.5	56.5	58.1	58.0	58.2	58.0	58.5	58.5	59.6	59.0
04:00	57.1	57.1	58.5	58.3	58.4	58.4	58.6	58.7	58.7	58.7
DISCHARGE										
04:00	57.1	57.1	58.5	58.3	58.4	58.4	58.6	58.7	58.7	58.7
04:30	32.3	33.2	53.6	54.8	57.9	58.1	58.0	58.3	58.2	58.4
05:00	29.9	29.8	37.0	38.8	50.4	53.6	52.1	53.1	56.3	56.6
05:30	29.2	29.3	30.7	31.1	37.9	41.4	40.3	42.0	48.1	48.9

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
06:00	29.1	29.1	28.8	29.2	31.3	32.9	32.7	33.6	42.5	43.0
06:30	29.4	29.5	30.0	30.0	30.7	31.1	31.0	31.4	37.6	37.8
07:00	29.4	29.5	29.9	29.7	30.2	30.3	30.3	30.5	34.9	34.8
07:30	29.4	29.4	29.5	29.5	29.9	30.0	30.0	30.1	32.1	32.0
08:00	29.3	29.4	29.4	29.4	29.4	29.5	29.4	29.4	29.9	29.9

ตารางที่ ก.6 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr.
ขนาดหิน $\frac{3}{4}$ " - 1" เบตสูง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	29.5	29.3	30.3	30.4	30.9	30.6	30.8	30.9	26.4	28.2
00:30	29.7	29.7	35.4	33.0	42.0	38.2	43.6	40.0	52.2	50.4
01:00	32.2	31.3	48.8	45.7	52.1	50.2	53.4	52.0	55.6	54.9
01:30	40.4	38.3	54.6	53.4	55.3	54.7	56.1	55.8	56.8	56.5
02:00	48.8	47.1	56.5	56.1	56.7	56.3	57.3	57.1	57.4	57.2
02:30	53.6	52.8	57.4	57.3	57.3	57.2	57.7	57.6	58.2	58.0
03:00	55.7	55.6	58.1	57.8	58.4	58.1	58.9	58.6	59.6	59.6
03:30	56.4	56.3	58.7	58.3	59.1	58.8	59.5	59.2	61.0	60.5
04:00	57.8	57.7	61.1	60.5	61.4	61.1	61.8	61.6	62.5	62.4
DISCHARGE										
04:00	57.8	57.7	61.1	60.5	61.4	61.1	61.8	61.6	62.5	62.4
04:30	36.1	36.8	55.0	56.2	59.5	59.8	59.8	60.2	60.7	60.9
05:00	30.3	30.7	40.5	42.1	53.7	58.4	52.6	58.4	57.7	58.2

ตารางที่ ก.6 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
05:30	29.5	29.6	32.4	32.8	39.9	42.5	41.5	42.9	48.3	49.1
06:00	29.5	29.6	29.0	28.5	31.0	32.3	32.0	33.0	41.3	42.1
06:30	26.9	27.1	27.2	26.7	27.2	27.3	27.2	28.5	38.3	37.7
07:00	29.3	29.2	30.3	30.0	29.1	28.7	28.9	29.7	33.5	32.9
07:30	28.3	28.4	29.0	28.5	28.5	28.5	28.6	29.0	30.5	30.5
08:00	29.0	29.1	29.4	29.2	29.3	29.3	29.3	29.4	29.5	29.6

ตารางที่ ก.7 แสดงอุณหภูมิภายในเบด เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr

ขนาดดิน 1" - 1 1/2" เบลูมิ่ง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	27.6	27.5	28.9	28.7	30.5	30.5	32.0	32.0	29.8	29.4
00:30	28.8	28.5	30.2	29.8	31.6	31.4	35.8	34.2	50.6	47.5
01:00	30.5	30.0	31.9	31.3	35.7	34.8	45.5	53.5	52.9	53.4
01:30	34.5	33.2	36.5	35.2	43.6	42.4	51.4	50.4	55.0	54.1
02:00	40.1	38.4	42.9	41.1	49.4	48.6	54.1	53.6	55.7	55.0
02:30	45.6	43.9	48.5	47.1	53.0	52.6	55.4	55.1	56.5	56.2
03:00	49.8	48.3	52.2	51.3	54.8	54.7	56.4	56.3	57.4	57.4
03:30	52.0	50.8	54.0	53.4	55.6	55.5	56.7	56.6	57.2	57.0
04:00	53.8	53.0	55.4	55.1	56.5	56.5	57.2	57.2	58.0	57.7
DISCHARGE										
04:00	53.8	53.0	55.4	55.1	56.5	56.5	57.2	57.2	58.0	57.7
04:30	34.4	35.1	43.8	46.5	53.1	54.4	56.1	56.4	56.7	56.8
05:00	32.8	33.2	35.3	36.6	44.0	46.7	52.5	53.6	54.9	55.4
05:30	31.7	31.2	32.8	33.1	36.3	38.7	45.7	47.5	49.1	50.6

ตารางที่ ก.7 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
06:00	29.4	28.5	30.6	30.3	30.7	31.1	35.6	38.4	44.1	45.9
06:30	31.4	30.2	30.0	30.0	30.2	30.2	32.5	35.0	38.7	40.6
07:00	31.5	30.7	31.7	31.0	30.9	30.7	31.4	32.3	35.2	36.0
07:30	28.6	28.4	31.2	30.0	29.9	29.9	30.8	30.8	33.4	34.2
08:00	28.7	28.7	30.8	29.8	29.9	29.9	29.8	30.0	31.1	32.5



ตารางที่ ก.8 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ $238.9 \text{ m}^3/\text{hr}$.
ขนาดหิน $1'' - 1\frac{1}{2}''$, เบลสูง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	29.8	29.7	31.2	31.0	31.6	31.6	32.1	32.0	28.7	31.0
00:30	30.8	30.4	31.3	31.1	32.4	32.1	38.9	36.7	52.5	50.1
01:00	32.6	32.0	33.7	32.9	39.2	37.9	49.2	48.0	55.0	53.9
01:30	37.8	36.4	40.2	38.4	47.5	46.3	53.7	53.0	56.1	55.4
02:00	44.6	42.9	47.5	45.8	52.7	52.2	55.8	55.5	57.7	57.0
02:30	50.0	48.4	52.4	51.3	55.2	55.0	56.7	56.7	58.1	57.4
03:00	53.1	52.0	55.1	54.4	56.5	56.4	57.6	57.5	59.0	58.6
03:30	55.0	54.3	56.5	56.0	57.3	57.3	58.5	58.5	59.9	59.3
04:00	56.2	55.6	57.4	57.1	58.2	58.1	59.1	59.1	60.3	59.9
DISCHARGE										
04:00	56.2	55.6	57.4	57.1	58.2	58.1	59.1	59.1	60.3	59.9
04:30	33.2	34.0	49.2	46.2	53.9	55.6	57.6	58.0	58.5	58.7
05:00	31.7	32.0	33.7	35.0	42.2	45.4	52.3	53.7	56.1	57.0

ตารางที่ ๓.๘ (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
05:30	31.5	31.5	31.8	32.2	34.8	36.5	43.0	44.9	50.1	52.3
06:00	29.6	29.6	30.8	31.2	32.0	32.0	34.5	35.7	43.7	46.3
06:30	30.8	30.6	31.2	31.5	31.7	31.7	32.4	32.9	39.1	41.0
07:00	31.3	31.2	31.1	31.2	31.4	31.1	31.3	31.2	36.9	37.8
07:30	31.5	31.5	31.2	31.3	31.3	31.1	31.0	31.1	34.1	34.7
08:00	31.2	31.4	31.3	31.3	31.3	31.4	31.3	31.4	32.1	32.5

ตารางที่ ก.9 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr.

ขนาดหิน 1" - 1 1/2" เบลูสูง 0.7 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
00:00	30.7	30.6	31.8	31.6	32.1	32.2	32.5	32.4	29.1	31.0
00:30	31.5	31.4	31.9	31.6	33.5	33.0	41.2	38.7	54.2	51.4
01:00	34.1	33.5	35.6	34.3	42.1	40.6	51.4	49.9	56.4	55.3
01:30	41.1	39.5	43.8	41.6	50.6	49.5	55.3	54.8	56.8	55.8
02:00	48.1	46.6	50.9	49.3	54.7	54.2	56.6	56.4	57.8	57.3
02:30	52.5	51.4	54.6	53.7	56.2	56.1	57.5	57.3	58.0	57.7
03:00	55.0	54.3	56.5	56.0	57.6	57.5	58.4	58.3	59.1	58.9
03:30	56.5	56.0	57.7	57.3	58.4	58.3	59.0	59.0	58.7	58.8
04:00	57.5	57.1	58.5	58.2	58.8	58.9	58.9	59.0	58.2	58.4
DISCHARGE										
04:00	57.5	57.1	58.5	58.2	58.8	58.9	58.9	59.0	58.2	58.4
04:30	32.9	33.5	41.3	44.7	53.3	55.6	58.0	58.5	58.3	58.4
05:00	31.3	31.4	32.9	33.7	39.7	42.8	50.4	52.4	54.8	56.0

ตารางที่ ก.9 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
05:30	31.4	31.4	31.4	31.5	33.1	34.3	39.7	41.8	47.7	49.9
06:00	33.6	33.5	31.7	31.7	32.3	32.7	34.7	36.1	41.7	44.1
06:30	32.1	32.0	31.8	31.8	32.1	32.3	33.0	33.8	37.9	39.2
07:00	32.8	32.7	31.3	31.4	31.8	32.1	32.9	33.6	35.2	35.8
07:30	32.3	32.2	31.2	31.3	31.8	32.3	33.0	33.7	32.3	32.6
08:00	30.7	30.8	30.5	30.6	30.9	31.2	31.5	31.9	31.9	32.2

ตารางที่ ก.10 แสดงอุณหภูมิภายในเบด เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr.

ขนาดหิน $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ นิ้ว สูง 1.05 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
00:00	27.7	27.9	27.8	28.2	28.1	28.0	28.1	28.2	28.1	28.1	28.5	28.2	27.3	27.4
00:30	27.8	27.8	27.6	27.8	27.6	27.7	27.9	28.9	28.3	28.1	37.9	35.9	52.0	51.3
01:00	27.8	27.8	27.6	27.9	27.9	27.7	28.7	28.6	35.5	32.7	49.9	49.0	54.1	53.6
01:30	27.8	27.8	27.7	27.9	29.8	28.8	35.3	34.8	47.9	44.2	53.6	53.4	55.8	55.7
02:00	28.7	28.4	28.9	29.1	37.1	34.4	45.1	44.8	52.5	52.2	55.5	55.5	55.8	55.8
02:30	33.2	32.0	34.4	34.7	46.0	43.6	51.4	52.3	54.9	54.4	56.1	55.9	57.0	56.7
03:00	40.6	38.9	42.4	42.7	51.6	50.2	54.4	54.4	55.7	55.6	57.2	57.0	59.4	59.2
03:30	47.2	45.9	48.9	49.2	54.3	53.7	55.5	55.6	56.7	56.4	58.7	58.7	58.6	58.7
04:00	51.6	51.0	52.8	53.1	55.5	55.3	56.6	56.7	58.1	57.9	58.8	58.8	59.2	59.6
DISCHARGE														
04:00	51.6	51.0	52.8	53.1	55.5	55.3	56.6	56.7	58.1	57.9	58.8	58.8	59.2	59.6
04:30	33.4	34.0	39.9	41.6	53.0	52.9	54.7	55.3	56.3	56.4	58.0	57.9	58.3	58.3
05:00	32.2	32.2	33.1	33.6	43.9	45.0	51.5	52.9	55.1	55.2	56.6	56.9	57.6	57.7

ตารางที่ ก.10 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
05:30	31.3	31.3	30.9	31.1	33.5	33.9	41.2	43.3	49.6	51.2	57.6	56.5	55.4	56.8
06:00	30.1	30.1	29.8	30.1	29.8	30.5	33.0	34.7	41.9	45.2	54.1	54.0	53.5	54.2
06:30	29.9	30.1	31.0	30.6	31.2	31.1	31.5	31.2	33.7	36.0	48.3	48.6	49.7	51.4
07:00	31.3	31.1	31.2	30.6	31.2	30.9	31.3	30.9	31.8	33.2	39.5	41.6	43.1	45.3
07:30	30.8	30.9	31.3	31.5	31.3	31.3	31.4	31.1	32.7	32.9	36.6	37.9	39.8	42.3
08:00	30.5	30.6	30.9	31.8	31.8	31.7	31.7	31.6	32.6	32.9	35.6	35.6	37.0	38.8

ตารางที่ ก.11 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr.

ขนาดถัง $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, เบตสูง 1.05 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
00:00	31.4	31.4	32.0	32.2	32.5	32.5	32.7	32.7	33.0	33.0	33.7	33.6	29.2	30.4
00:30	32.0	32.0	32.3	32.5	32.6	32.6	33.1	33.1	33.7	33.5	42.5	40.7	55.6	53.8
01:00	32.5	32.5	32.5	32.5	33.3	33.0	34.9	34.7	42.8	40.0	53.5	53.0	56.9	56.4
01:30	32.9	32.8	33.1	33.2	37.2	35.6	43.4	42.9	52.2	50.5	56.0	55.9	56.8	56.7
02:00	35.8	35.1	36.7	36.8	46.3	44.0	51.8	51.7	55.6	55.1	57.4	57.2	58.0	58.0
02:30	42.8	41.4	44.4	44.4	52.9	51.5	55.5	55.5	57.1	56.9	58.3	58.2	59.0	59.0
03:00	49.6	48.4	51.1	51.3	55.8	55.1	57.0	57.0	58.0	58.0	59.2	59.0	59.2	59.1
03:30	54.6	54.0	55.4	55.6	57.6	57.2	58.5	58.5	59.6	59.5	59.5	59.5	59.7	59.6
04:00	56.1	55.8	56.7	56.7	58.5	58.1	59.3	58.3	59.4	59.5	59.3	59.2	59.5	59.4
DISCHARGE														
04:00	56.1	55.8	56.7	56.7	58.5	58.1	59.3	58.3	59.4	59.5	59.3	59.2	59.5	59.4
04:30	34.0	34.7	40.9	43.3	56.5	56.6	57.9	58.2	59.0	59.1	59.3	59.2	58.8	58.8
05:00	32.7	32.7	33.3	33.8	44.0	45.3	53.8	55.3	57.8	58.0	59.3	59.2	58.8	58.8
05:30	32.2	32.3	32.6	32.7	34.7	35.3	42.0	44.8	52.7	54.0	57.1	57.1	57.8	58.1

ตารางที่ ก.11 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
06:00	31.9	31.9	31.9	32.1	31.9	31.9	33.4	34.4	41.8	44.5	54.8	54.8	56.5	57.3
06:30	31.3	31.4	31.3	31.5	31.6	31.3	31.6	31.8	34.6	37.0	45.8	48.7	50.0	52.1
07:00	31.3	31.3	31.7	31.6	31.4	31.4	31.4	31.8	33.1	36.8	37.6	41.2	42.8	46.2
07:30	31.5	31.6	31.6	31.7	31.4	31.3	31.3	31.3	31.6	32.0	34.2	36.5	38.7	41.6
08:00	30.8	31.0	31.2	31.3	31.7	31.6	31.7	31.7	31.8	32.0	33.4	34.7	36.8	39.1

ตารางที่ ก.12 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เพื่ออัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr.

ขนาดหิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, เบตสูง 1.05 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
00:00	31.1	31.0	32.0	32.3	34.1	34.1	35.4	35.6	35.6	35.8	31.1	30.2	29.2	29.2
00:30	33.6	33.3	34.5	34.5	35.1	35.3	35.4	35.6	35.6	35.8	43.7	42.2	55.3	54.5
01:00	34.3	34.2	35.0	35.1	35.1	35.3	34.5	35.6	44.6	41.4	54.8	54.8	57.1	56.9
01:30	34.7	34.6	35.4	35.5	38.7	36.4	46.2	45.8	54.5	53.1	57.0	57.0	57.6	57.5
02:00	37.3	36.1	38.6	38.6	49.6	47.1	54.4	54.3	57.0	56.7	57.6	57.6	57.7	57.6
02:30	46.4	44.7	48.2	48.3	55.2	54.3	56.8	56.9	57.3	57.4	57.4	57.7	58.8	58.5
03:00	53.0	52.1	54.3	54.3	56.8	56.6	57.2	57.2	57.5	57.5	58.1	58.4	58.1	58.3
03:30	55.7	55.4	56.4	56.6	57.3	57.1	57.5	57.6	58.0	58.0	58.5	58.4	58.1	57.9
04:00	56.8	56.7	57.2	57.4	57.8	57.6	57.9	58.0	57.7	58.0	57.7	57.7	57.7	57.7
DISCHARGE														
04:00	56.8	56.7	57.2	57.4	57.8	57.6	57.9	58.0	57.7	58.0	57.7	57.7	57.7	57.7
04:30	34.7	35.1	39.9	42.2	55.9	56.1	57.2	57.5	57.7	57.9	57.5	57.5	57.3	57.4
05:00	33.8	33.8	34.1	34.3	41.8	43.3	52.2	54.3	57.2	57.7	57.4	57.5	57.3	57.4

ตารางที่ ก.12 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
05:30	30.7	30.9	32.6	32.8	34.0	33.9	36.6	36.5	43.7	46.5	55.6	55.6	55.7	56.5
06:00	32.2	32.3	32.2	32.3	33.6	33.8	34.7	35.5	38.9	41.1	52.8	52.8	54.4	55.6
06:30	32.4	32.3	32.2	32.1	33.5	33.6	34.1	34.3	37.0	37.7	44.7	44.7	47.0	49.8
07:00	32.1	32.0	31.9	31.9	32.9	33.0	33.1	34.3	34.4	34.7	38.8	38.9	43.0	45.1
07:30	31.3	31.3	31.3	31.4	31.8	31.8	31.9	32.1	34.0	34.2	36.0	36.9	39.1	40.1
08:00	30.5	30.6	30.8	30.9	31.3	31.4	31.7	31.9	33.0	33.1	33.9	33.9	35.4	35.6

ตารางที่ ก.13 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr.

ขนาดหิน $\frac{3}{4}$ " - 1" เบตสูง 1.05 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
00:00	32.9	32.8	33.8	33.8	34.3	34.3	34.7	34.7	35.6	35.4	36.5	36.8	31.6	32.5
00:30	33.9	33.8	34.3	34.3	34.8	34.7	35.8	35.6	36.6	36.4	42.7	42.6	54.0	53.3
01:00	34.5	34.4	34.9	34.8	35.5	35.4	36.9	36.7	40.0	38.9	51.8	51.8	55.5	54.4
01:30	35.3	35.1	35.7	35.5	36.8	36.5	40.8	40.1	47.3	45.5	54.8	55.0	57.1	56.7
02:00	36.6	36.2	37.3	36.8	39.5	38.9	46.6	45.4	52.0	50.8	56.7	56.6	58.0	58.0
02:30	39.5	39.0	40.9	39.8	44.6	43.6	51.3	50.8	55.0	54.3	58.0	58.0	58.7	58.7
03:00	43.8	43.3	45.8	44.5	49.5	48.7	54.8	54.2	56.8	56.4	58.7	58.5	59.0	58.9
03:30	48.0	47.6	50.3	49.3	53.3	52.6	56.6	56.2	57.8	57.6	59.2	59.2	59.3	59.3
04:00	51.6	51.2	53.4	52.7	55.5	55.1	57.7	57.6	58.6	58.4	59.0	59.0	59.3	59.2
DISCHARGE														
04:00	51.6	51.2	53.4	52.7	55.5	55.1	57.7	57.6	58.6	58.4	59.0	59.0	59.3	59.2
04:30	36.8	36.9	44.4	45.7	51.9	51.9	55.6	56.4	57.6	57.7	58.5	58.8	58.5	58.6
05:00	34.9	35.0	36.7	37.3	43.8	44.8	52.1	53.3	55.8	56.0	57.7	58.0	58.1	58.1

ตารางที่ ก.13 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
05:30	34.4	34.5	35.0	35.2	37.5	38.2	46.7	47.3	52.1	52.6	57.3	57.3	57.7	57.8
06:00	34.2	34.2	34.2	34.3	35.2	35.5	39.6	40.8	46.3	47.7	54.1	54.9	56.0	56.4
06:30	34.0	34.0	34.1	34.2	34.5	34.7	36.2	37.0	40.8	42.1	49.6	51.2	53.4	54.0
07:00	33.7	33.7	33.6	33.7	34.1	34.1	34.7	35.2	36.9	37.6	44.0	46.0	48.8	49.5
07:30	33.0	33.0	33.3	33.5	33.9	33.9	34.0	34.5	35.3	35.6	40.1	40.9	44.3	45.2
08:00	32.3	32.3	32.5	32.6	33.0	33.0	33.4	33.8	34.2	34.3	36.5	37.4	40.3	41.0

ตารางที่ ก.14 แสดงอุณหภูมิภายในเบต เพื่ออัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr.

ขนาดหิน $\frac{3}{4}$ " - 1" , เบตสูง 1.05 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
00:00	33.0	32.9	33.4	33.3	33.8	33.8	34.3	34.5	35.1	35.0	33.7	34.1	30.7	31.1
00:30	33.5	33.4	33.9	33.9	34.5	34.4	35.1	35.0	35.4	35.3	44.2	44.0	54.2	53.9
01:00	34.4	34.3	34.7	34.7	35.3	35.2	36.9	36.5	41.9	40.1	54.1	54.1	57.2	57.1
01:30	35.5	35.1	35.8	35.5	37.2	36.8	43.4	42.2	50.5	48.7	56.7	56.6	57.6	57.3
02:00	38.7	37.5	39.4	38.5	43.1	42.1	51.1	50.1	55.3	54.5	57.2	57.2	57.9	57.7
02:30	43.4	41.5	45.3	43.7	49.3	48.5	55.1	54.6	56.6	56.4	57.5	57.5	58.5	58.4
03:00	48.6	48.0	50.8	49.6	53.7	53.2	56.5	56.1	56.9	56.8	58.6	58.2	59.2	59.2
03:30	52.1	51.9	54.0	53.4	55.7	55.4	57.0	56.8	57.9	57.7	59.2	59.2	59.3	59.2
04:00	54.9	54.7	56.0	55.7	57.0	56.8	58.6	58.1	59.1	58.9	59.4	59.4	59.3	59.3
DISCHARGE														
04:00	54.9	54.7	56.0	55.7	57.0	56.8	58.6	58.1	59.1	58.9	59.4	59.4	59.3	59.3
04:30	35.8	35.9	43.7	45.2	53.3	54.2	56.7	57.4	58.1	58.1	58.9	59.2	59.0	59.0
05:00	34.7	34.8	36.0	36.4	42.1	43.3	52.5	53.7	56.5	56.8	58.2	58.7	58.7	56.8
05:30	34.3	34.2	34.3	34.6	36.5	36.6	44.0	45.1	50.7	52.1	57.0	57.6	57.8	57.9

ตารางที่ ก.14 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
06:00	34.1	34.1	34.2	34.3	34.7	35.1	37.3	38.1	4.30	44.7	52.8	54.0	55.5	56.2
06:30	33.9	33.9	34.0	34.0	34.4	34.5	35.1	35.5	37.7	38.7	54.4	47.7	50.3	51.8
07:00	33.7	33.7	33.7	33.8	33.7	33.9	34.5	34.8	35.5	35.8	39.7	41.6	45.1	46.0
07:30	33.5	33.5	33.6	33.6	33.6	33.8	34.0	34.2	34.8	34.9	37.9	38.3	40.9	41.8
08:00	33.0	33.0	33.1	33.1	33.1	33.2	33.6	33.7	33.9	34.0	35.5	35.9	37.6	38.1

ตารางที่ ก.15 แสดงอุณหภูมิภายในเบด อัตราการไหลของอากาศ 267.9 m³/hr.

ขนาดหิน $\frac{3}{4}$ " - 1", เบดสูง 1.05 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
00:00	33.0	32.9	32.8	33.9	34.3	34.3	34.7	34.6	35.0	34.8	35.4	35.5	31.5	32.5
00:30	33.8	33.7	34.2	34.2	34.6	34.6	35.1	35.0	36.3	35.7	46.5	46.2	54.9	54.4
01:00	34.7	34.5	34.9	34.9	35.6	35.4	38.9	38.0	45.0	43.0	55.0	55.0	57.3	57.0
01:30	36.9	36.1	37.3	36.5	39.9	39.1	47.6	46.2	53.1	51.8	57.3	57.0	58.3	58.1
02:00	42.1	40.6	43.6	41.9	47.6	46.5	54.1	53.3	56.7	56.1	58.2	58.0	58.5	58.5
02:30	48.3	47.4	50.4	49.0	53.4	52.8	56.9	56.6	57.8	57.8	58.6	58.6	59.3	59.2
03:00	52.8	52.6	54.7	54.0	56.4	56.1	57.6	57.5	58.4	58.3	59.3	59.3	59.6	59.5
03:30	55.6	55.5	57.0	56.7	58.0	57.9	58.9	59.5	59.5	59.6	59.6	59.6	59.7	59.6
04:00	57.3	57.1	57.9	57.7	58.5	58.5	59.1	59.1	59.3	59.1	59.3	59.2	59.5	59.5
DISCHARGE														
04:00	57.3	57.1	57.9	57.7	58.5	58.5	59.1	59.1	59.3	59.1	59.3	59.2	59.5	59.5
04:30	36.3	36.4	43.5	45.1	54.3	55.4	59.1	59.1	59.3	59.1	59.3	59.2	59.5	59.5
05:00	34.7	34.7	35.8	36.1	40.9	42.2	52.3	53.9	57.5	58.1	59.3	59.2	59.5	59.5
05:30	34.3	34.4	34.6	34.7	35.2	35.5	41.5	42.2	50.7	52.8	57.8	57.9	58.2	58.6

ตารางที่ น.15 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
06:00	33.9	34.0	34.2	34.3	34.5	34.7	36.0	36.6	40.1	41.7	49.9	52.0	54.5	55.5
06:30	33.5	33.5	34.0	34.0	34.2	34.3	34.7	34.9	36.1	36.7	43.0	44.2	47.3	44.5
07:00	33.3	33.3	33.5	33.6	33.8	33.9	34.2	34.4	34.8	35.0	38.0	39.5	43.0	43.9
07:30	32.9	32.9	33.1	33.1	33.2	33.3	32.7	34.0	34.3	34.3	36.6	37.0	40.2	41.0
08:00	31.9	31.9	32.2	32.3	32.6	32.6	32.7	33.0	33.3	33.3	34.5	34.9	36.9	37.1

ตารางที่ ก.16 แสดงอุณหภูมิภายในเบต อัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr.

ขนาดหิน 1" - 1 1/2", เบตสูง 1.05 เมตร

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
00:00	28.9	28.9	28.8	29.2	29.2	29.1	29.3	29.3	29.6	29.6	29.8	30.0	28.8	29.0
00:30	28.9	28.9	28.8	29.2	29.2	29.1	29.3	29.3	30.0	29.9	36.7	33.2	54.1	50.4
01:00	28.9	28.9	28.8	29.2	29.4	29.1	30.6	29.9	35.6	34.6	47.1	43.5	56.2	54.6
01:30	29.3	29.2	29.4	29.5	31.3	30.6	35.9	33.7	44.2	42.9	52.9	51.1	56.5	55.6
02:00	30.9	30.8	31.0	31.0	36.0	34.6	43.3	40.5	50.6	49.7	55.2	54.5	57.0	56.3
02:30	34.7	34.1	35.0	35.0	42.3	40.6	49.1	47.0	53.8	53.4	56.0	55.7	57.7	57.0
03:00	39.9	39.1	40.5	40.5	48.1	46.6	52.8	51.5	55.2	55.1	56.9	56.4	57.9	57.6
03:30	45.2	44.3	46.2	46.3	52.1	51.1	54.9	54.1	56.3	56.2	58.1	57.4	59.7	59.1
04:00	49.0	48.5	50.4	50.4	54.4	53.8	56.1	55.6	57.3	57.3	58.7	58.3	59.2	59.1
DISCHARGE														
04:00	49.0	48.5	50.4	50.4	54.4	53.8	56.1	55.6	57.3	57.3	58.7	58.3	59.2	59.1
04:30	34.6	35.7	41.2	44.7	49.6	50.8	53.8	53.9	55.5	56.1	57.5	57.8	58.4	58.4
05:00	33.1	33.4	34.9	37.0	42.1	44.0	49.9	50.3	53.1	53.8	55.9	55.9	57.2	57.4
05:30	33.4	33.4	33.3	33.8	36.4	37.5	43.2	43.5	47.5	49.1	54.5	54.5	55.5	55.9

ตารางที่ ก.16 (ต่อ)

TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
06:00	34.4	34.4	34.0	33.8	34.7	35.3	39.6	40.8	45.6	47.1	52.4	52.4	54.0	54.5
06:30	34.5	34.4	34.2	34.0	34.3	34.5	36.4	37.2	40.8	42.1	48.5	49.8	51.4	52.1
07:00	34.7	34.6	34.2	33.9	34.3	34.4	35.0	35.4	37.4	38.3	42.5	45.1	47.0	47.8
07:30	34.4	34.5	34.3	34.3	34.3	34.2	34.3	34.4	35.3	35.7	39.8	41.2	43.3	44.0
08:00	33.7	33.9	34.0	34.0	33.9	33.8	33.8	33.9	34.2	34.3	37.4	38.1	39.9	40.6



ตารางที่ ก.17 แสดงอุณหภูมิภายในเบด อัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr.

ขนาดหิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " , เบดสูง 1.05 เมตร

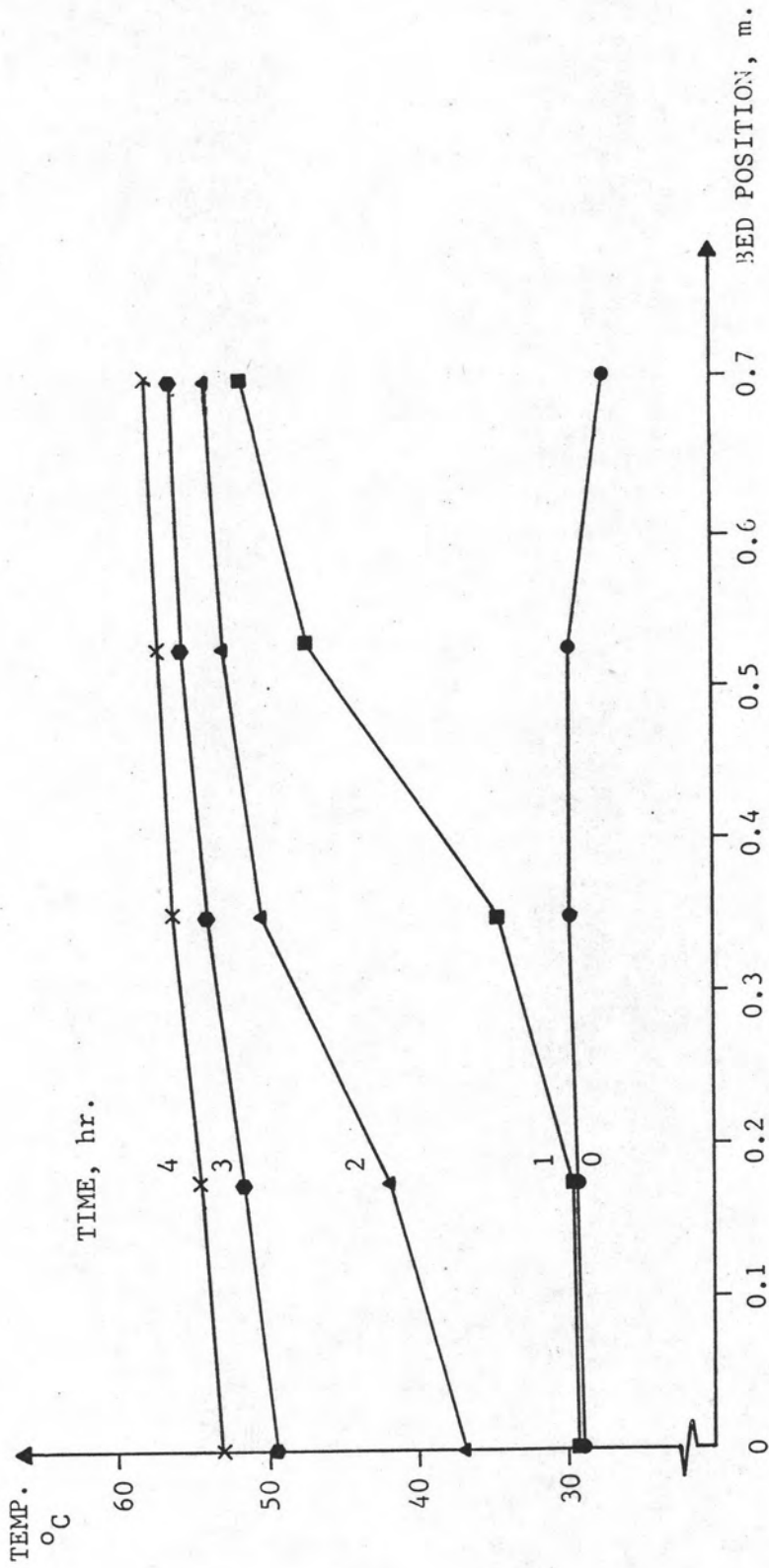
TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
00:00	31.1	31.2	31.4	31.7	32.1	32.1	32.4	32.5	33.4	33.4	34.4	34.2	30.0	32.2
00:30	31.6	31.5	31.7	31.7	32.7	32.3	33.3	33.2	34.6	34.4	40.7	37.7	53.7	51.4
01:00	32.1	32.0	32.4	32.4	33.6	33.2	35.8	34.7	41.0	39.9	50.0	47.6	56.6	55.3
01:30	33.3	33.3	33.8	33.7	36.8	35.8	42.0	39.7	48.7	47.7	54.3	53.4	56.2	55.3
02:00	36.9	36.5	37.4	37.3	43.0	41.5	49.0	46.8	53.6	53.1	56.3	55.7	57.3	57.1
02:30	41.7	41.4	42.6	42.5	49.0	47.5	53.4	52.0	55.8	55.6	57.5	57.0	58.3	58.1
03:00	46.9	46.6	48.0	48.0	53.1	52.1	55.7	54.9	57.0	57.0	57.7	57.4	58.8	58.6
03:30	51.0	50.8	52.3	52.3	55.6	54.9	57.1	56.8	57.7	57.5	58.7	58.2	59.3	59.2
04:00	53.8	53.5	55.0	55.0	57.1	56.7	58.1	57.9	58.4	58.3	59.3	59.0	59.9	59.6
DISCHARGE														
04:00	53.8	53.5	55.0	55.0	57.1	56.7	58.1	57.9	58.4	58.3	59.3	59.0	59.8	59.6
04:30	34.6	35.9	42.5	46.6	52.2	53.8	56.3	56.5	57.6	58.1	59.3	59.0	59.8	59.6
05:00	33.2	33.5	35.0	36.9	42.5	44.9	51.8	52.7	55.4	56.2	58.5	58.5	59.0	59.2

ตารางที่ ก.17 (ต่อ)

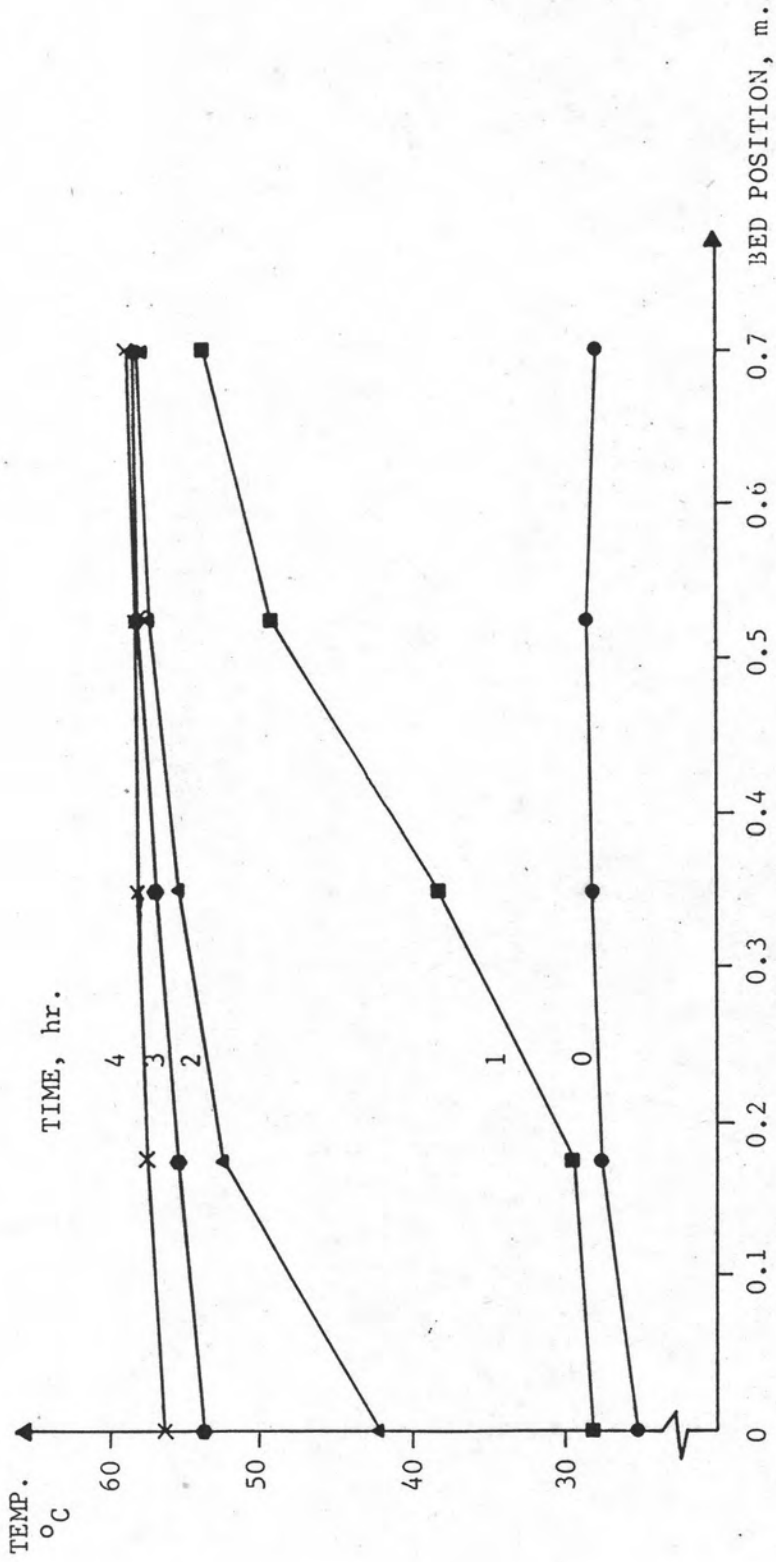
TIME, hr.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
05:30	33.5	33.5	33.8	34.1	36.1	37.6	44.2	45.8	50.9	52.1	57.0	57.2	57.5	57.9
06:00	33.4	33.4	33.4	33.4	33.9	34.5	37.9	39.1	43.9	45.4	52.9	53.0	54.7	55.4
06:30	33.1	33.1	33.0	33.0	33.2	33.5	34.9	35.6	38.4	39.4	46.5	47.6	49.8	51.0
07:00	32.9	32.9	32.7	32.6	32.9	33.1	33.8	34.1	35.4	35.9	40.7	41.6	44.5	45.1
07:30	32.8	32.8	32.7	32.7	32.7	32.7	33.0	33.1	33.7	33.9	38.1	38.5	40.9	41.6
08:00	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.3	32.4	32.6	32.7	34.8	35.4	37.3	38.0

ภาคผนวก ข

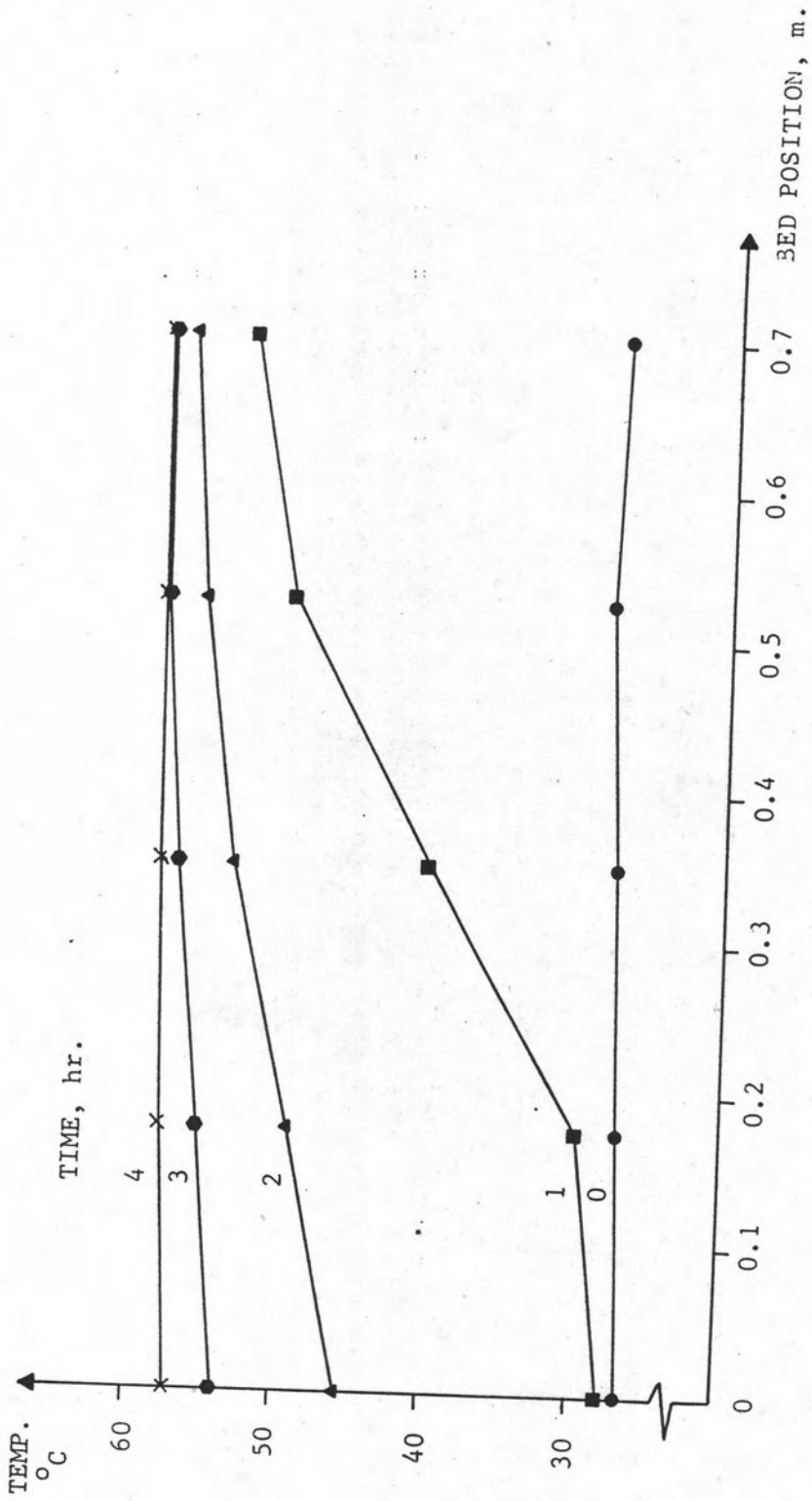
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในเบตกับความสูงของเบตเมื่อเวลาเปลี่ยนไป



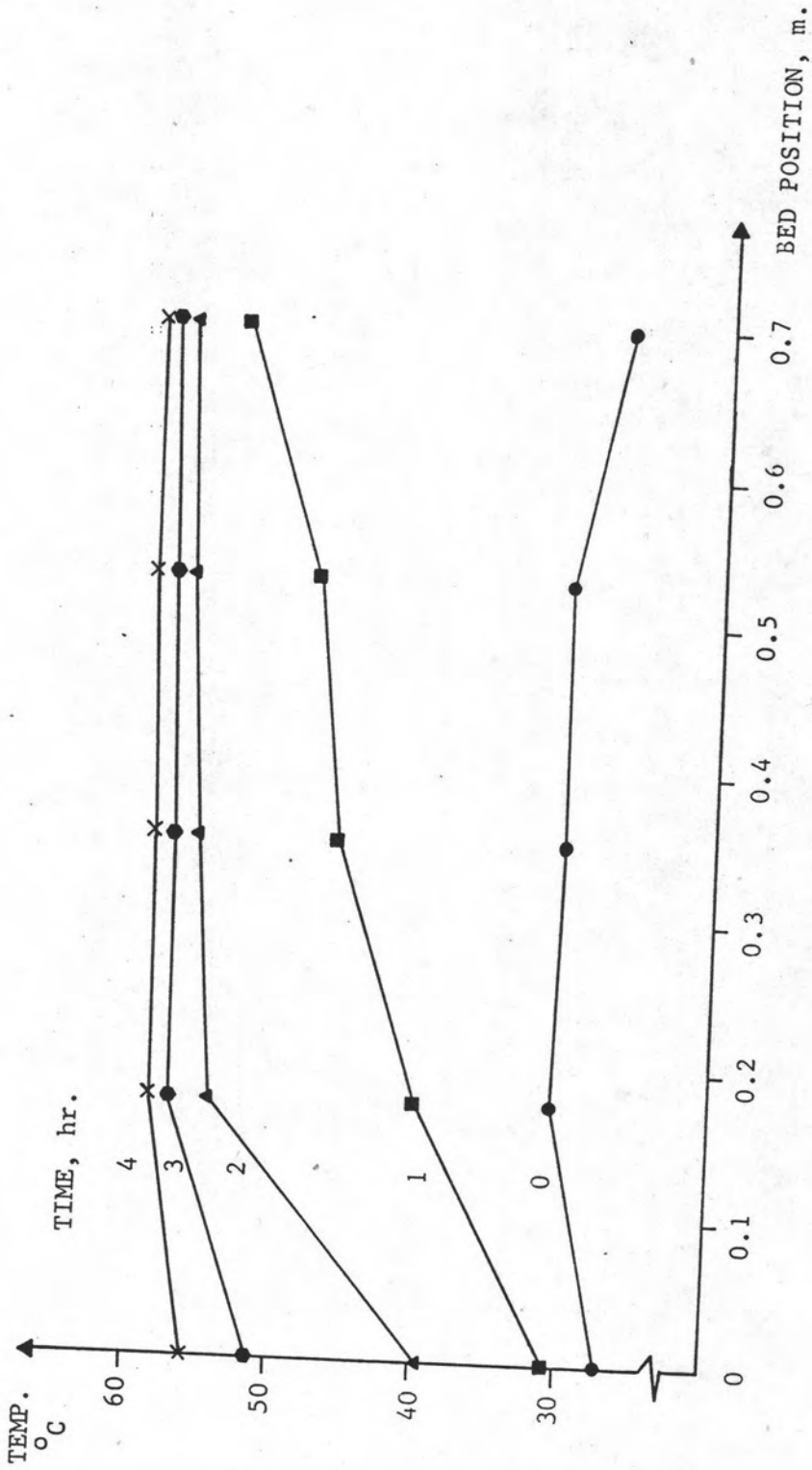
รูปที่ ข.1 ขนาดหิน $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ $202.32 \text{ m}^3/\text{hr}$, เบลสูง 0.70 เมตร , ในรูปการสะสมความร้อน



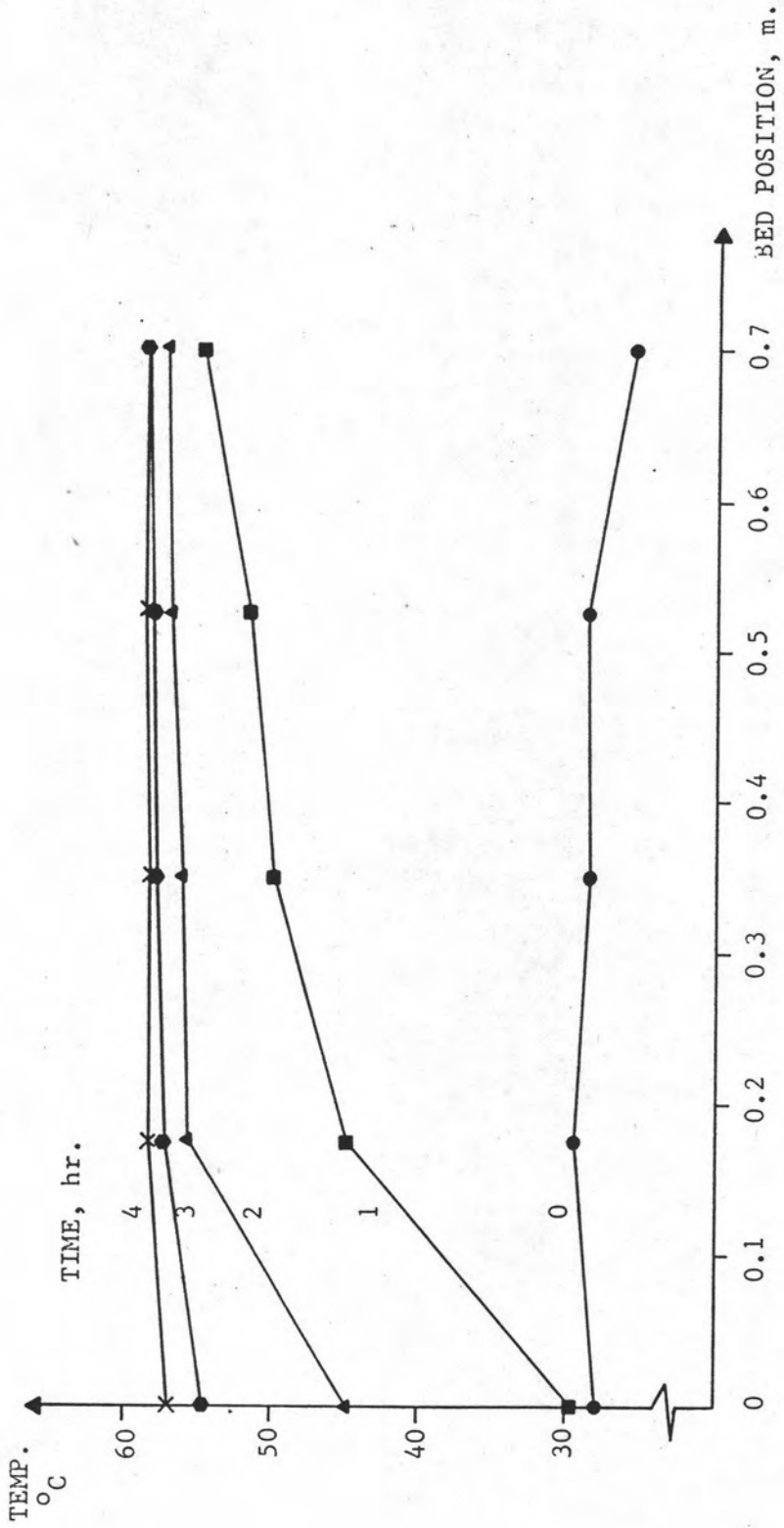
รูปที่ ข.2 ขนาดหิน $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ $238.9 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบดสูง 0.70 เมตร , ในช่วงการ
 สละล้มความร้อน



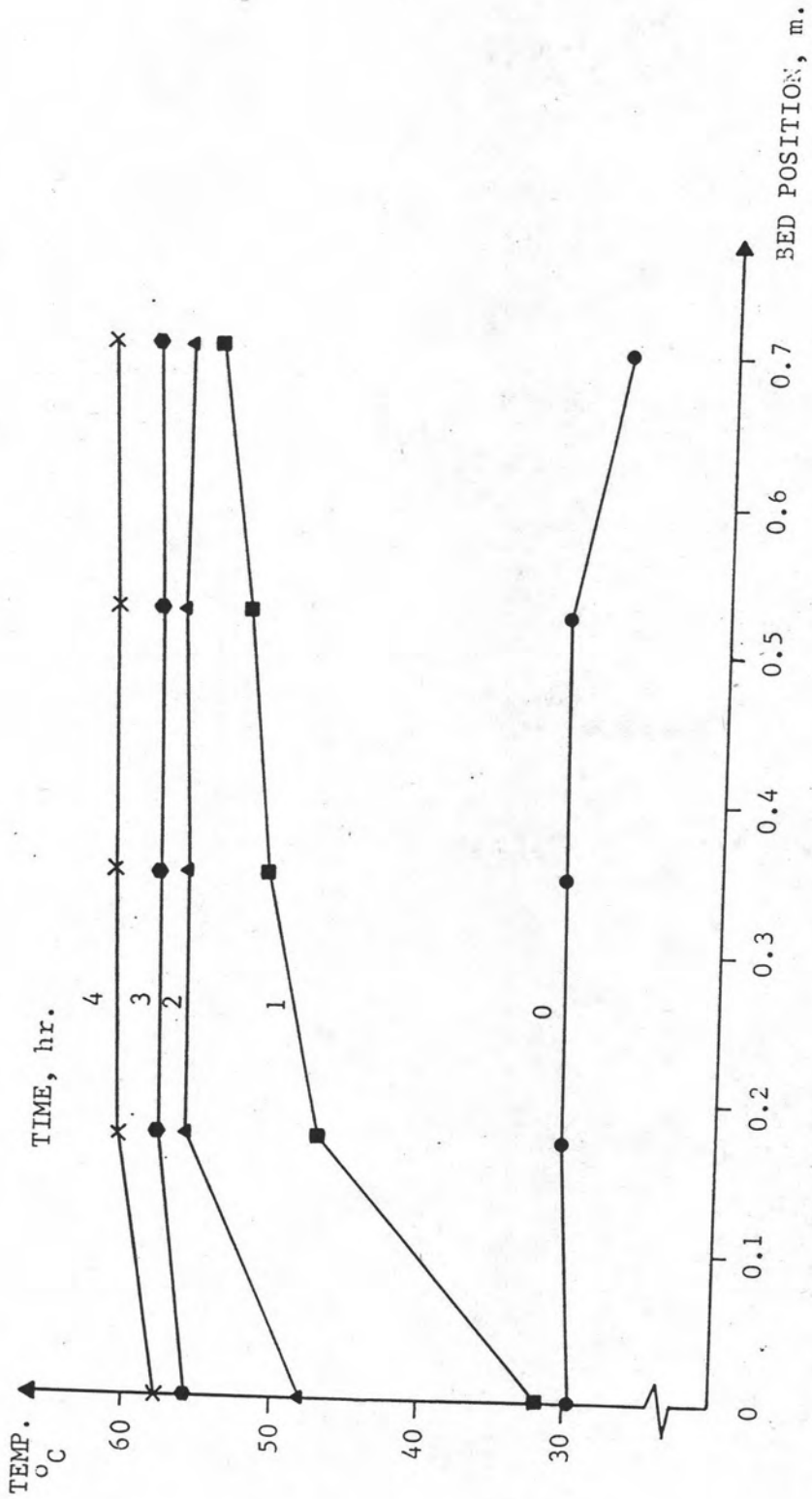
รูปที่ ข.3 ขนาดดิน $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr. , เบดสูง 0.70 เมตร, ในช่วงการ
ละลายความร้อน



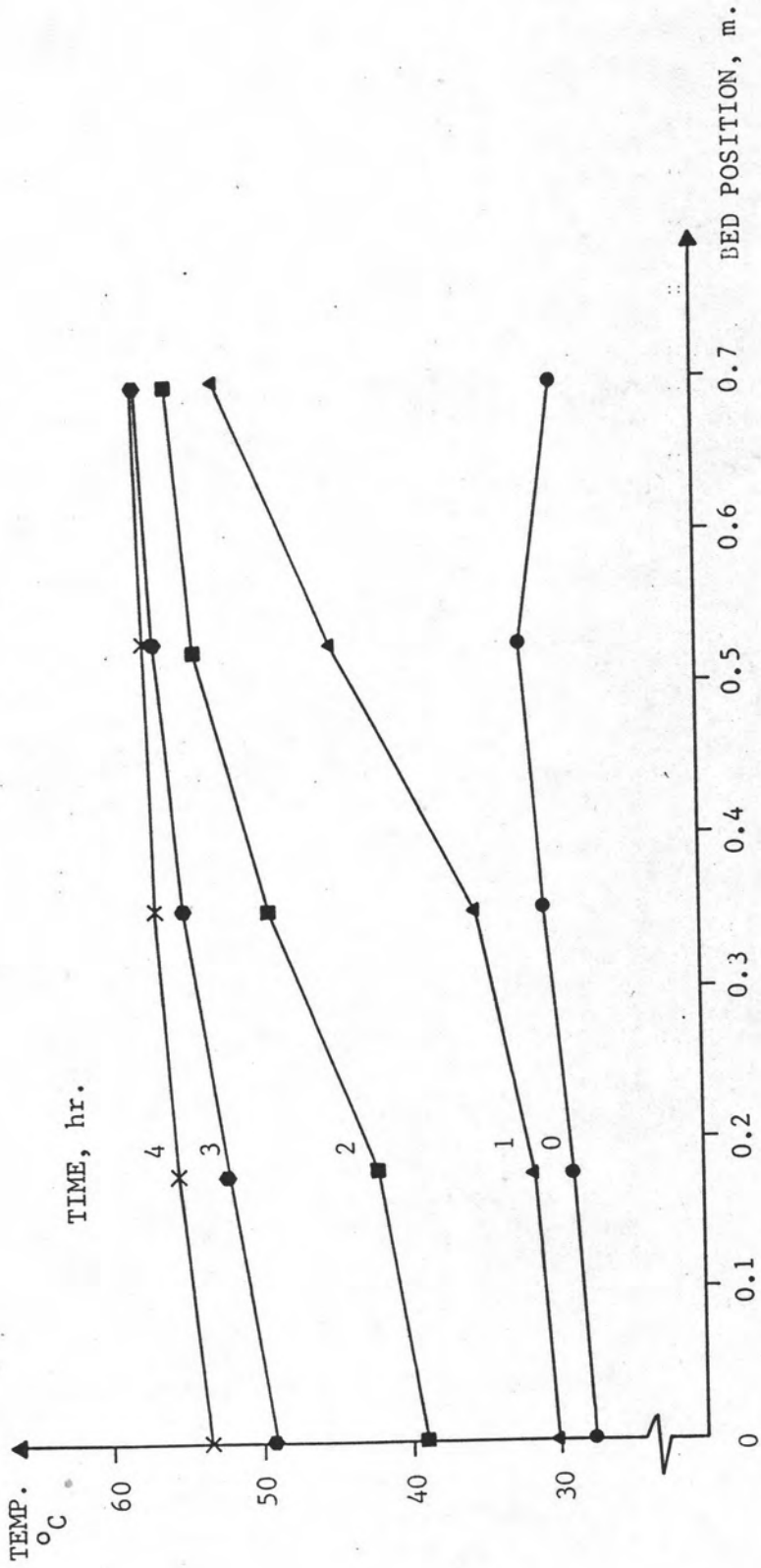
รูปที่ ข.4 ขนาดหิน $\frac{3}{4} - 1''$, อัตราการไหลของอากาศ $202.32 \text{ m}^3/\text{hr}$, เบลสูง 0.70 เมตร , ในฝั่งการ
 สะสมความร้อน



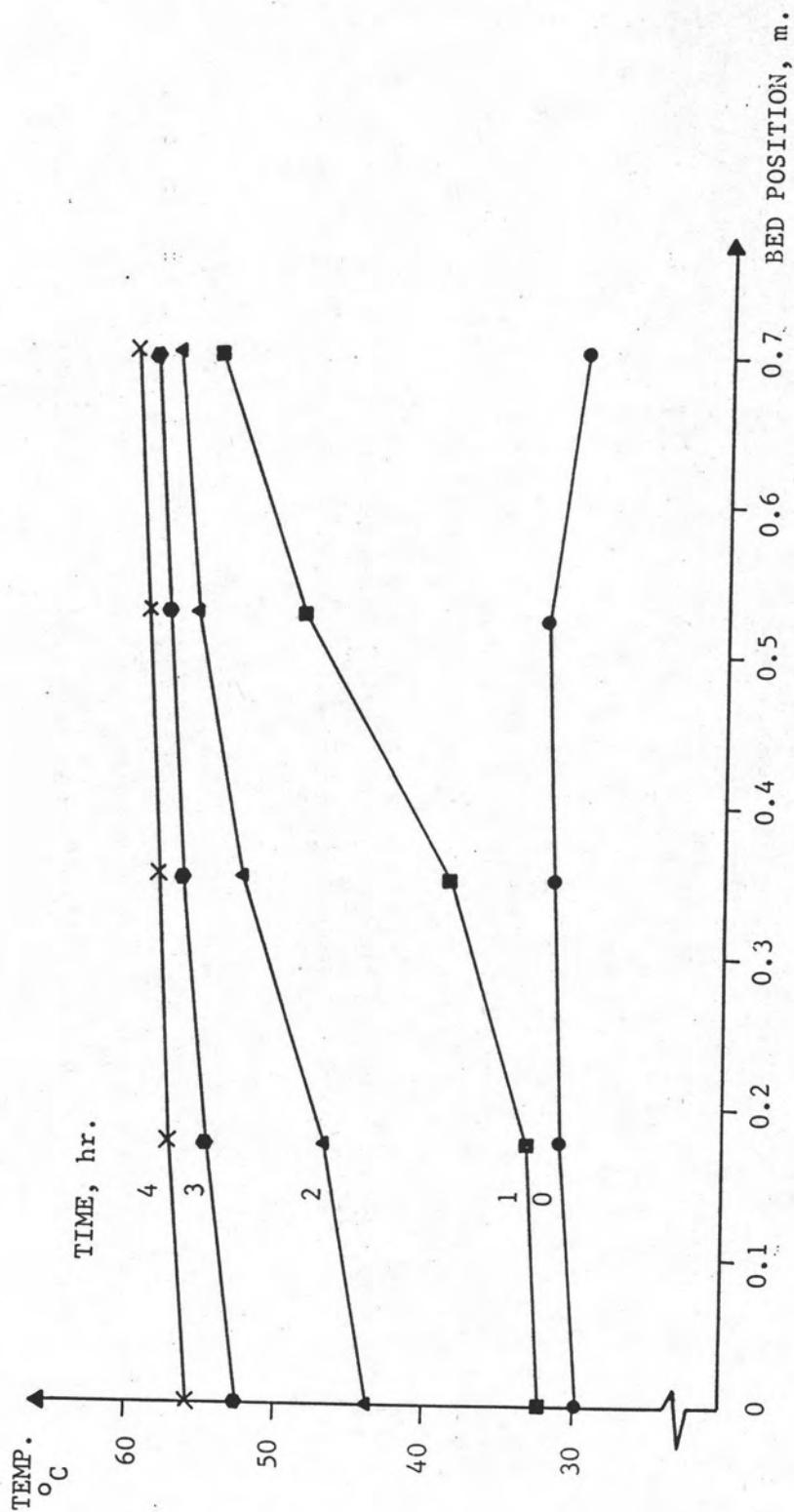
รูปที่ ๕.5 ขนาดหิน $\frac{3}{4}$ - 1" , อัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr. , เบดสูง 0.70 เมตร , ในระหว่างการลัดลัม
ควมร้อน



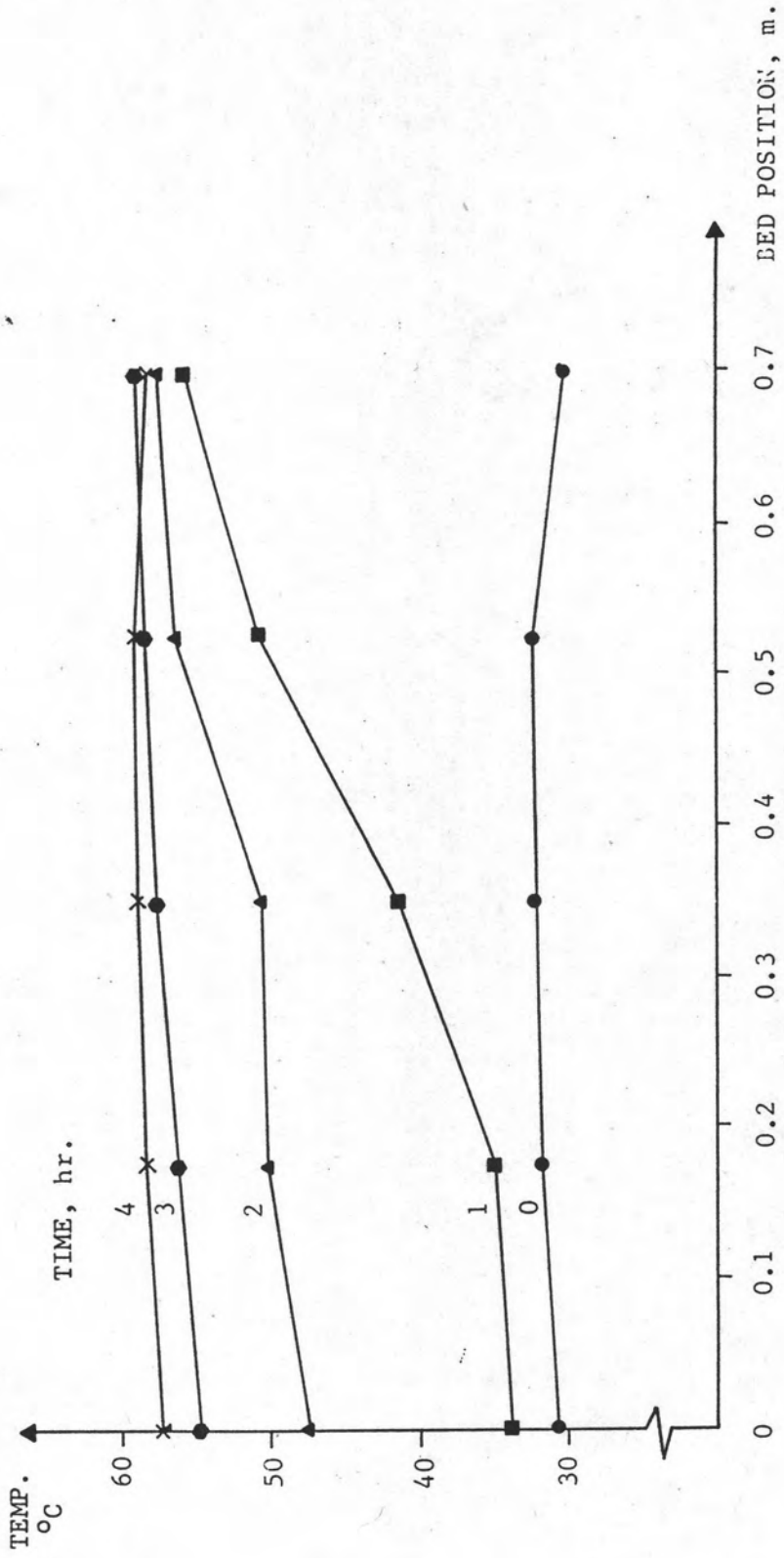
รูปที่ ข.6 ขนาดหิน $\frac{3}{4} - 1''$, อัตราการไหลของอากาศ $267.2 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบดสูง 0.70 เมตร , ในช่วงการ
 สะสมความร้อน



รูปที่ ข.7 ขนาดหิน 1" - 1 1/2", อัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr., เบดสูง 0.70 เมตร, ไข่งการ
สะสมความร้อน

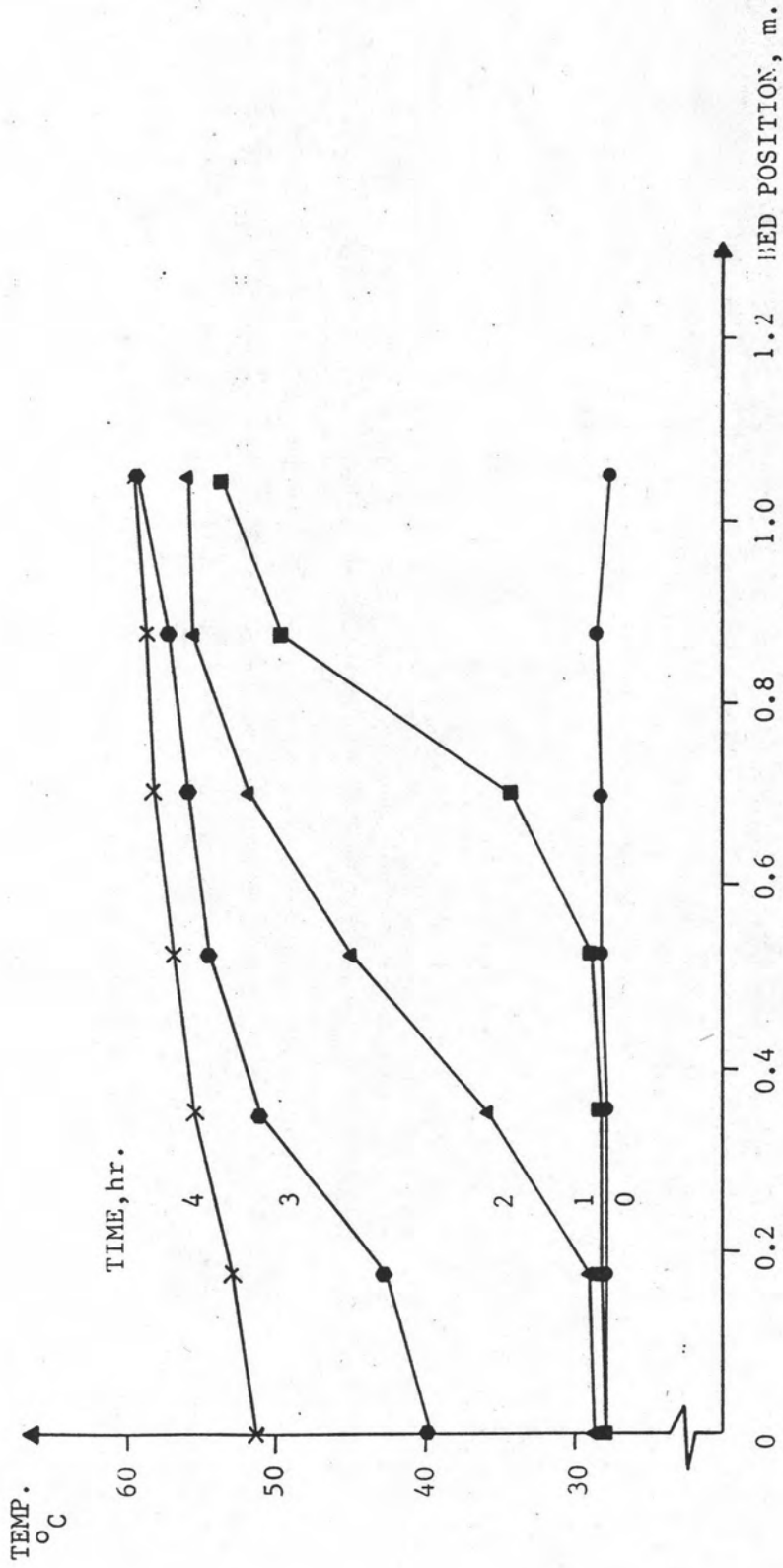


รูปที่ ข.8 ขนาดหิน 1" - 1 1/2", อัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr., เบลู่ง 0.70 เมตร, ในช่วงการ
 สะสมความร้อน

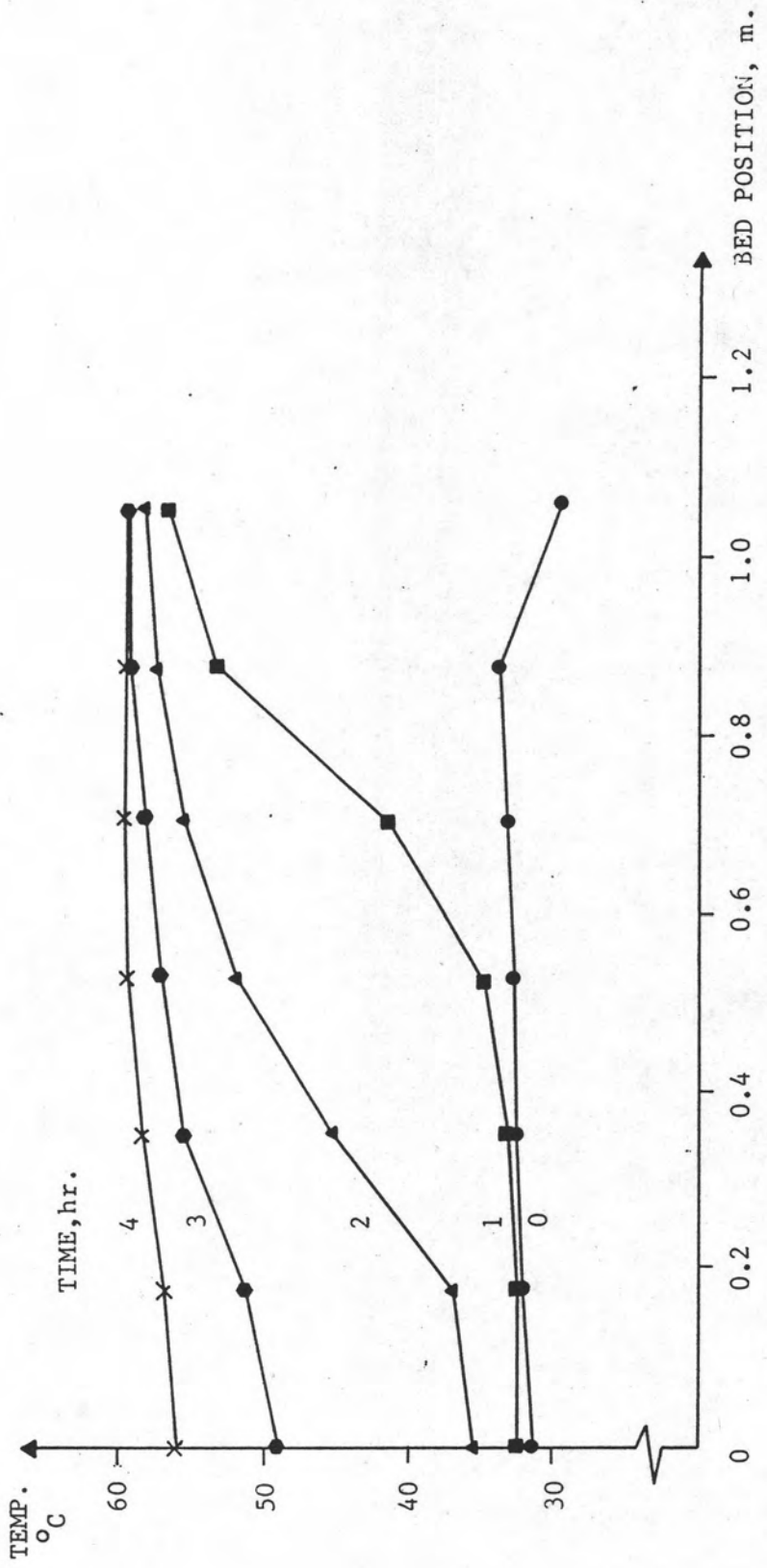


รูปที่ ข.9 ขนาดหิน 1" - 1 1/2" , อัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr. , বেতসুং 0.70 মেট্র ,

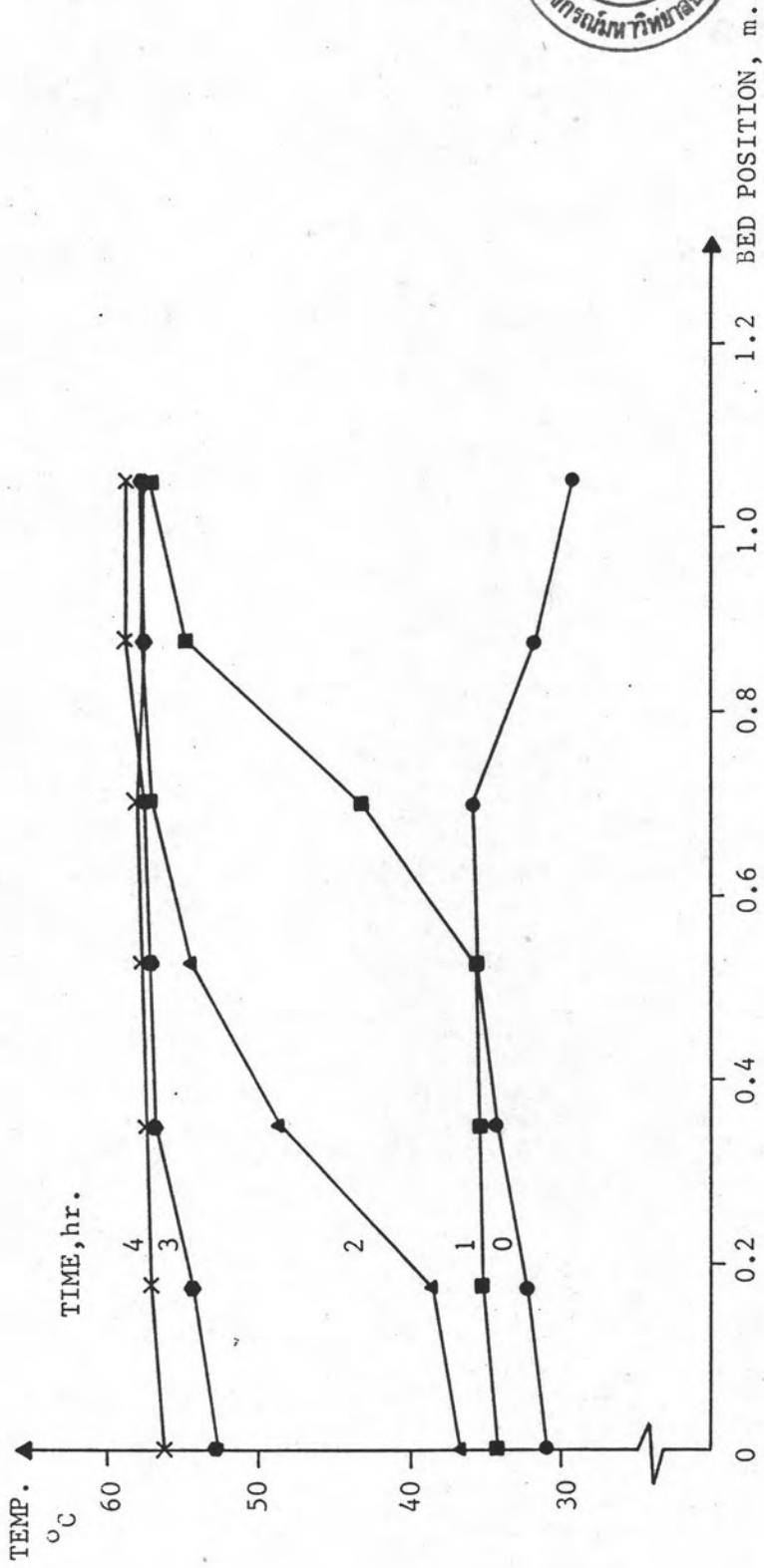
ในช่วงการสะสมความร้อน



รูปที่ ข.10 ขนาดหิน $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ $202.32 \text{ m}^3/\text{hr}$, เบดสูง 1.05 เมตร, ในเชิงการ
 ละสมควารร้อน

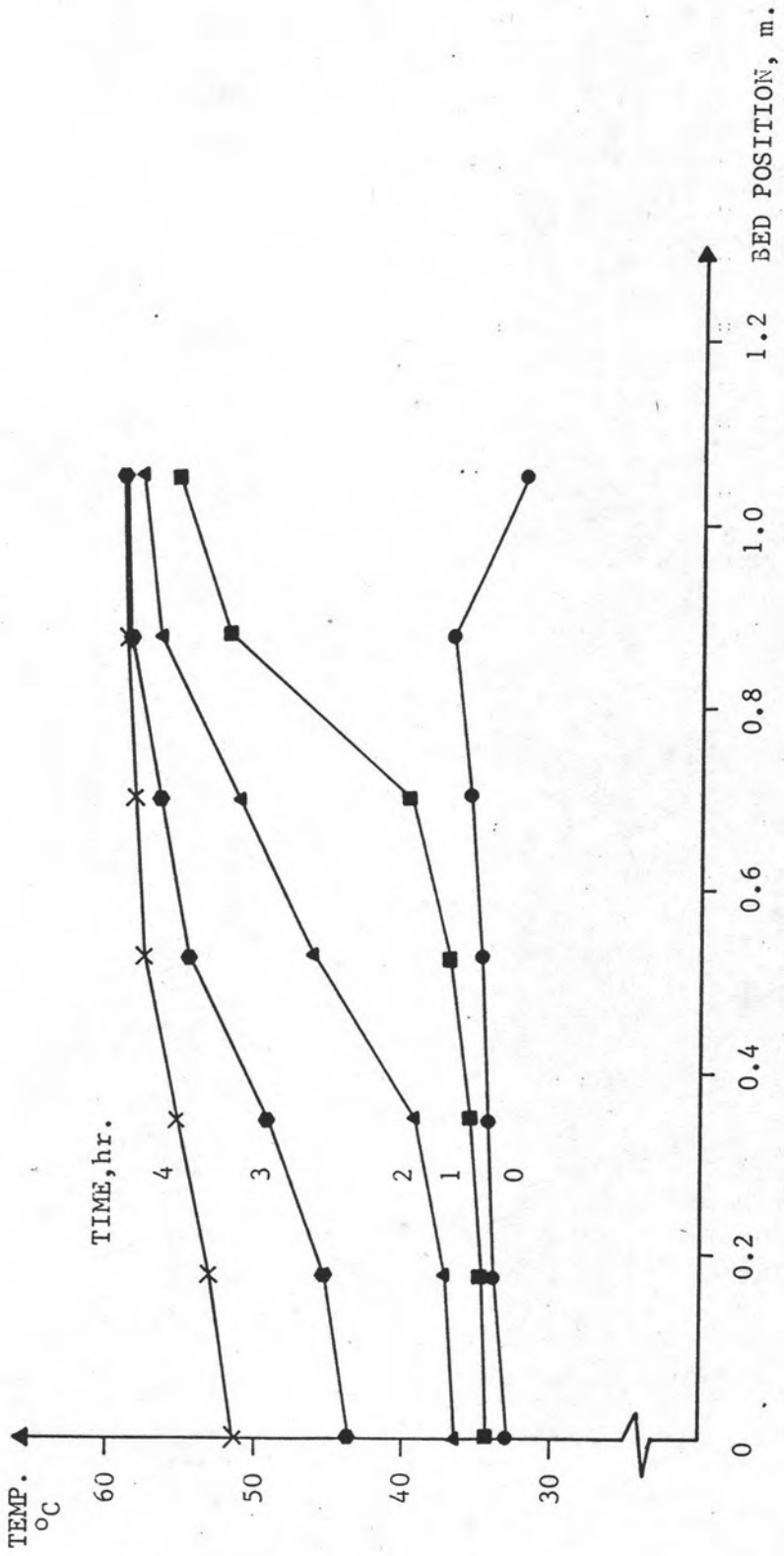


รูปที่ ข.11 ขนาดหิน $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr. , เบลสูง 1.05 เมตร , ในช่วงการ
ระลอกความร้อน



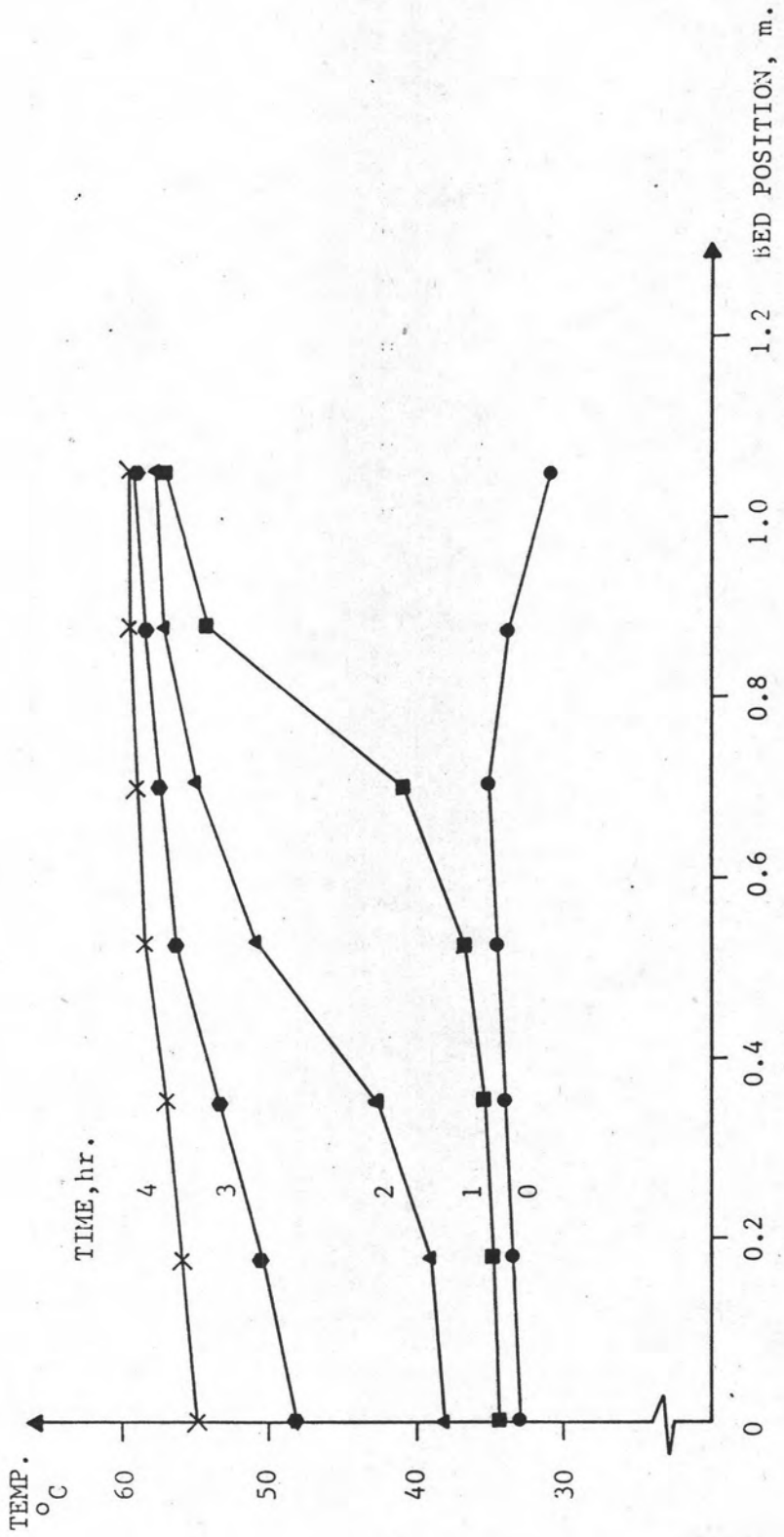
รูปที่ ข.12 ขนาดหิน $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ $267.2 \text{ m}^3/\text{hr}$, เบดสูง 1.05 เมตร , ในช่วงการ

สะสมความร้อน



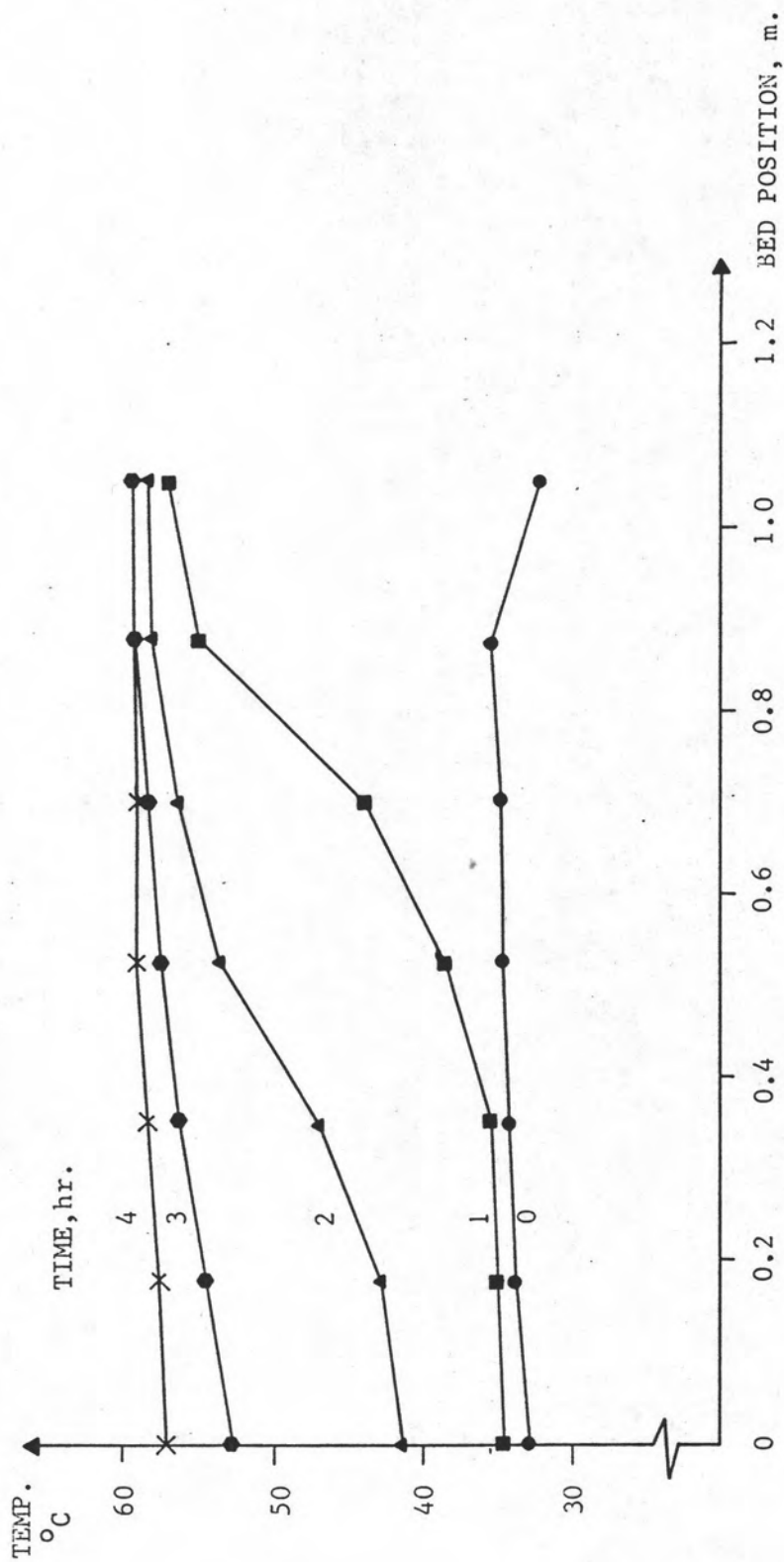
รูปที่ ข.13 ขนาดดิน $\frac{3}{4}$ - 1" , อัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr. , เบลสูง 1.05 เมตร , ในช่วงการ

สะสมความร้อน



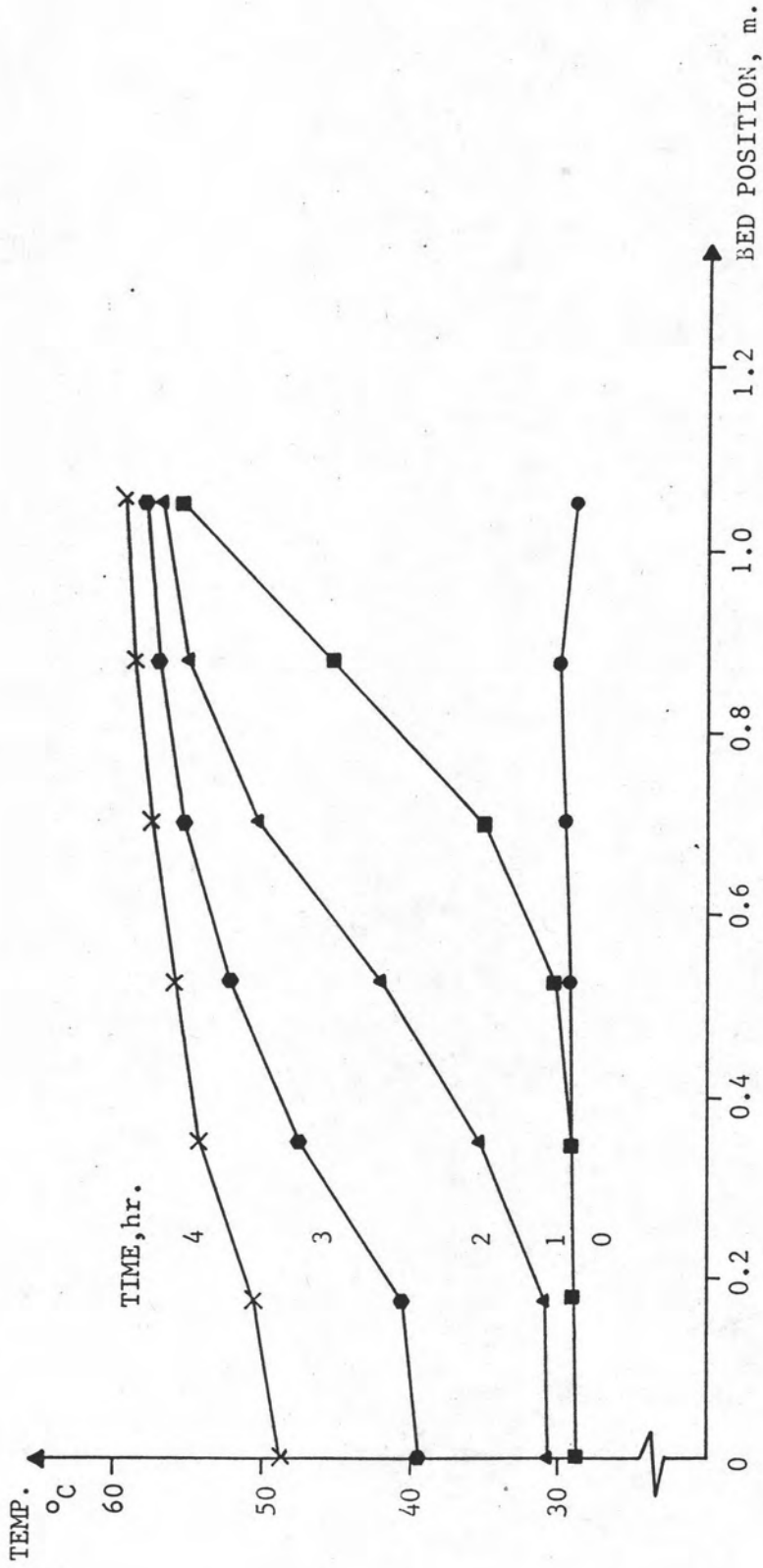
รูปที่ ข.14 ขนาดหิน $\frac{3}{4} - 1''$, อัตราการไหลของอากาศ $238.9 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบลู่ง 1.05 เมตร , ในช่องการ

ส่งต่อความร้อน

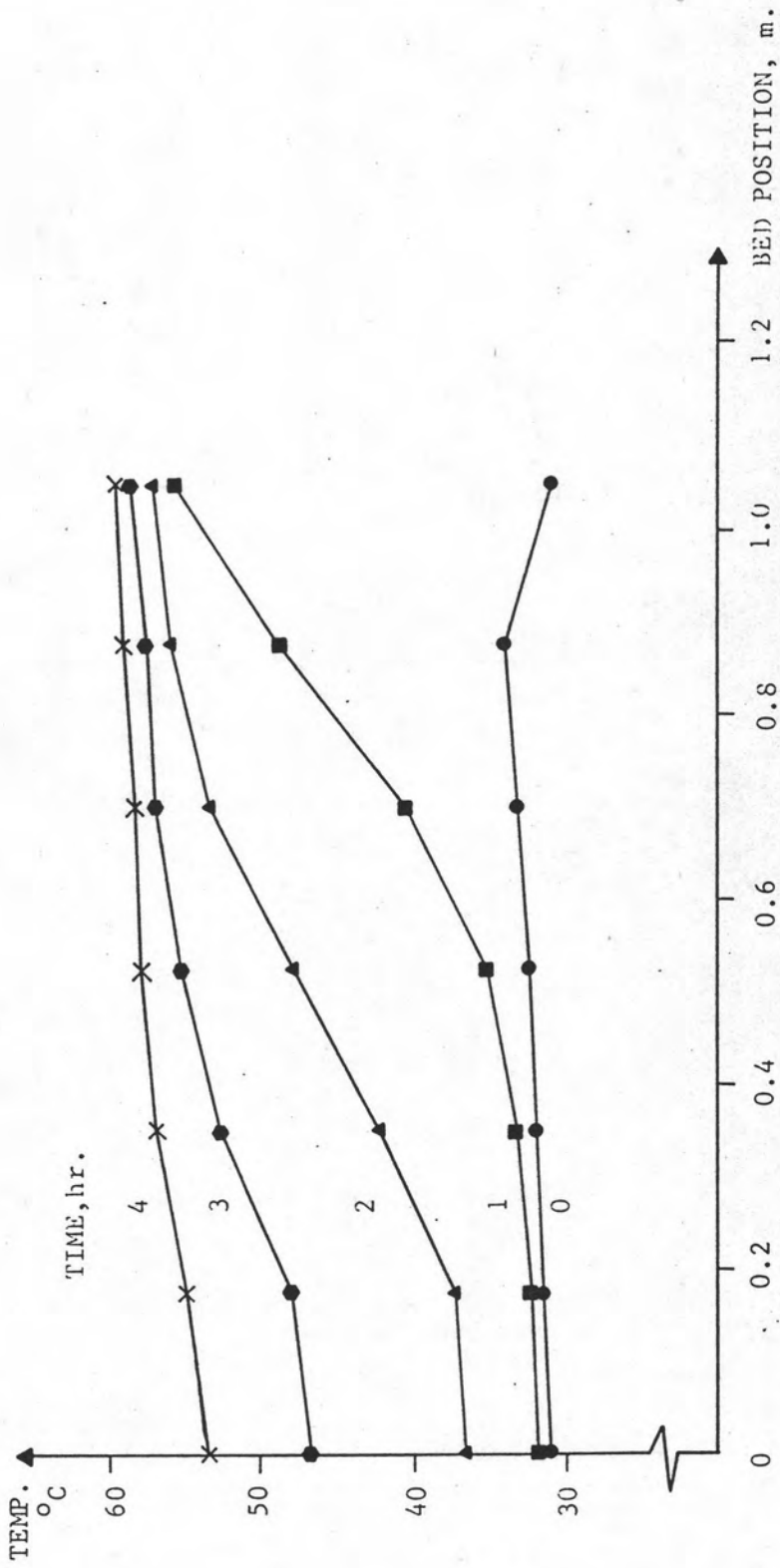


รูปที่ ข.15 ขนาดดิน $\frac{3}{4} - 1''$, อัตราการไหลของอากาศ $267.2 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบดสูง 1.05 เมตร , ในช่วงการ

สะสมความร้อน



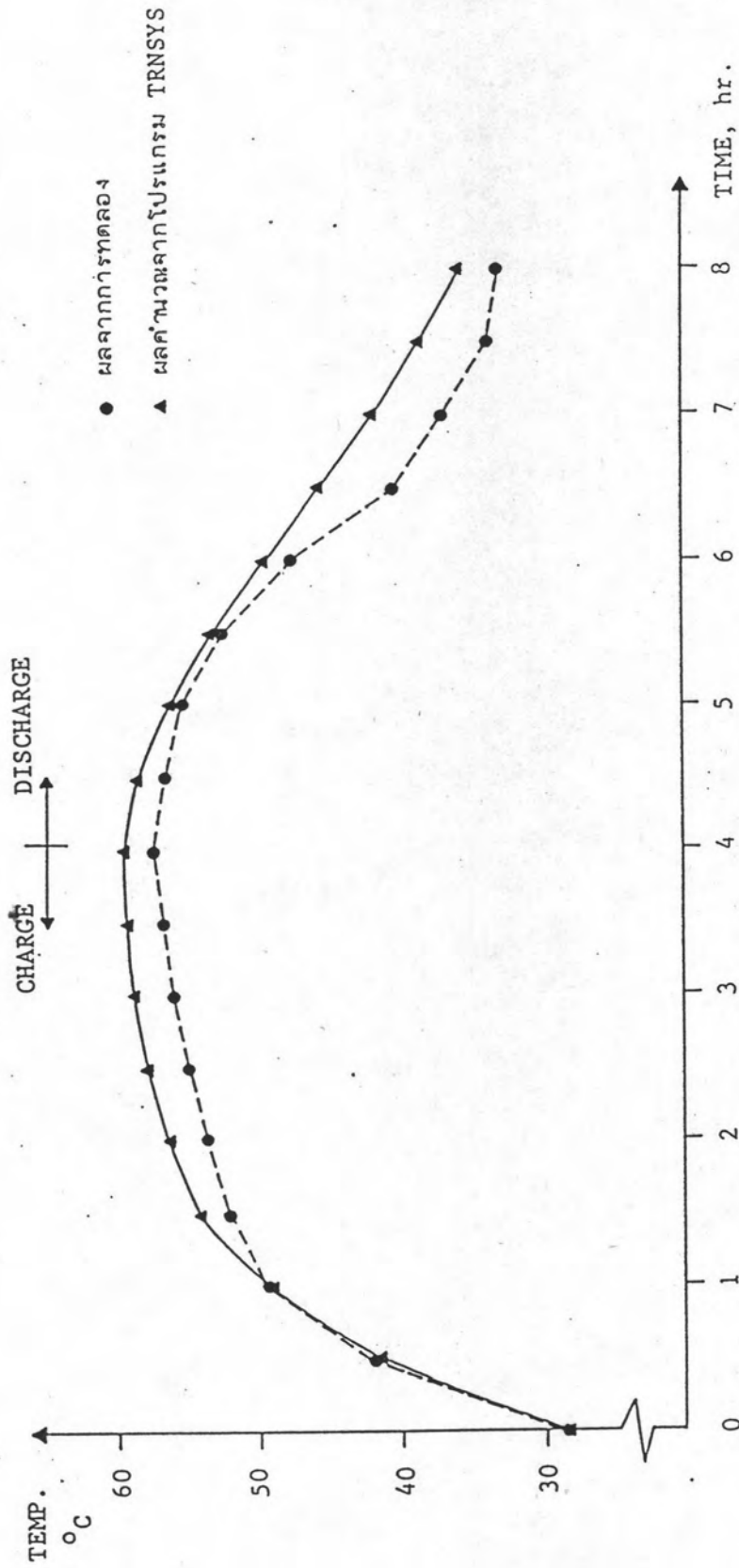
รูปที่ ข.16 ขนาดหิน 1"-1 1/2" , อัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr. , เบดสูง 1.05 เมตร , ในช่วงการ
สะสมความร้อน



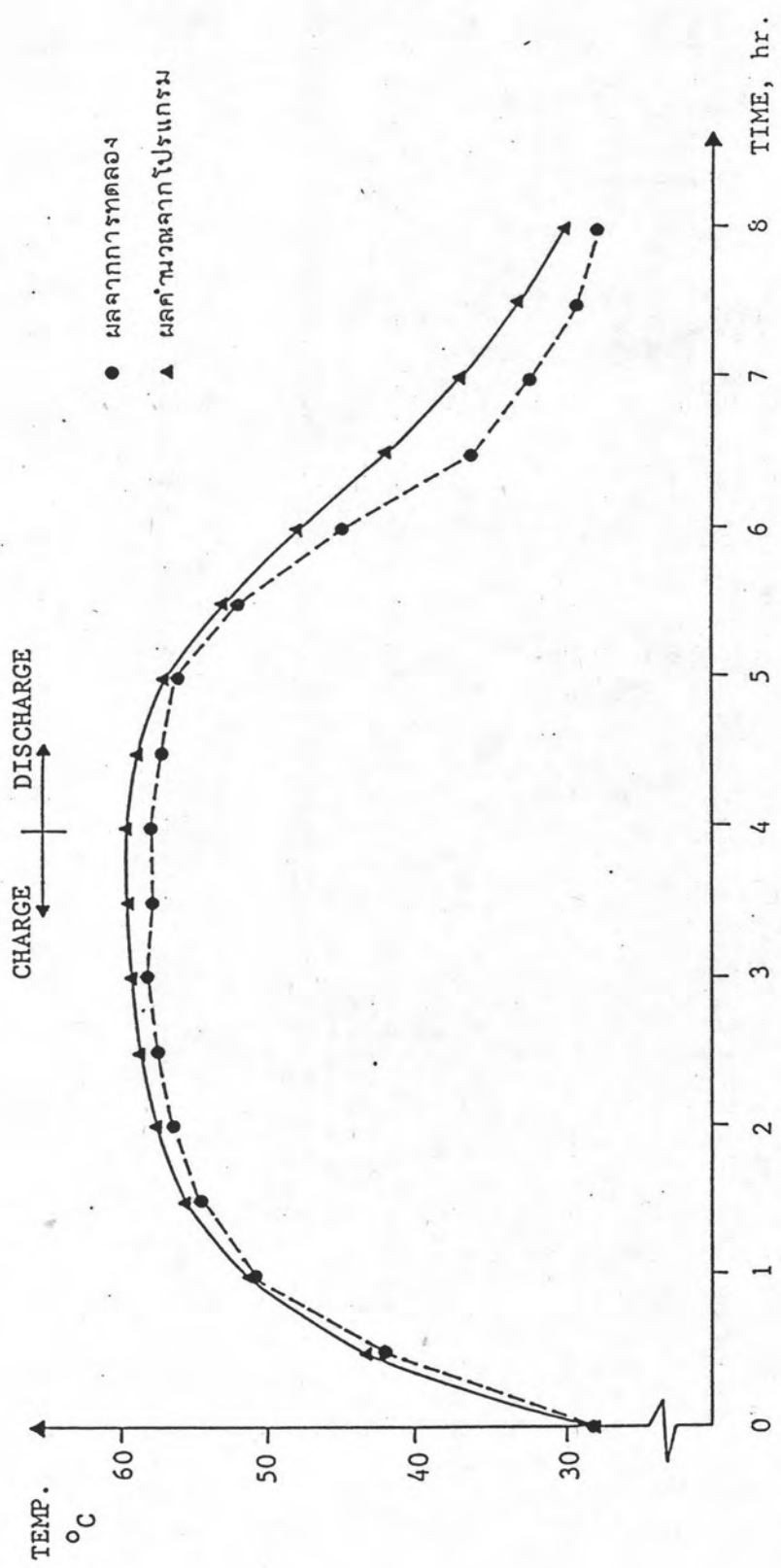
รูปที่ ข.17 ขนาดหิน $1\frac{1}{2}$, อัตราการไหลของอากาศ $238.9 \text{ m}^3/\text{hr}$, เบลู้ง 1.05 เมตร , ในช่วงการ
สละสัมความร้อน

ภาคผนวก ค

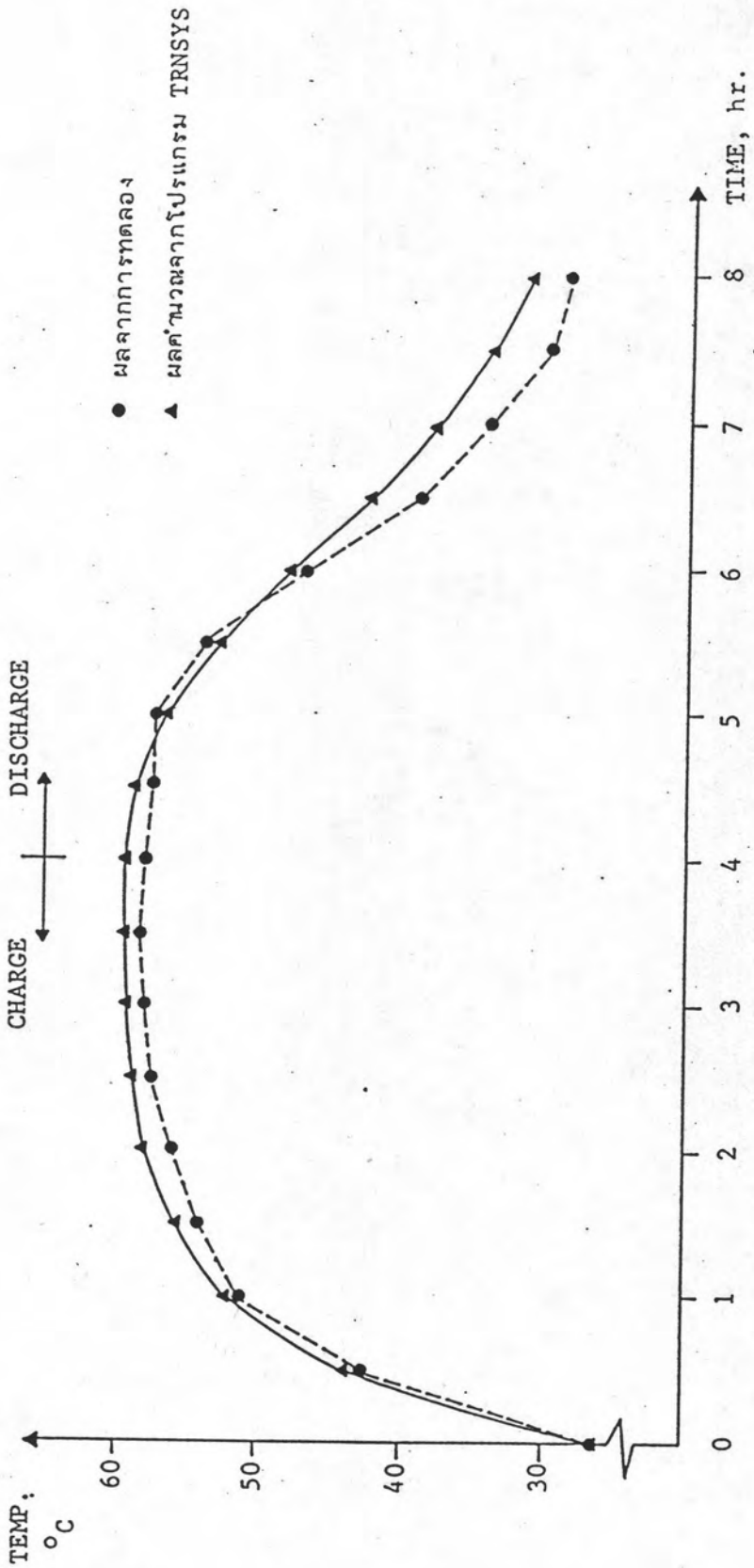
เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS



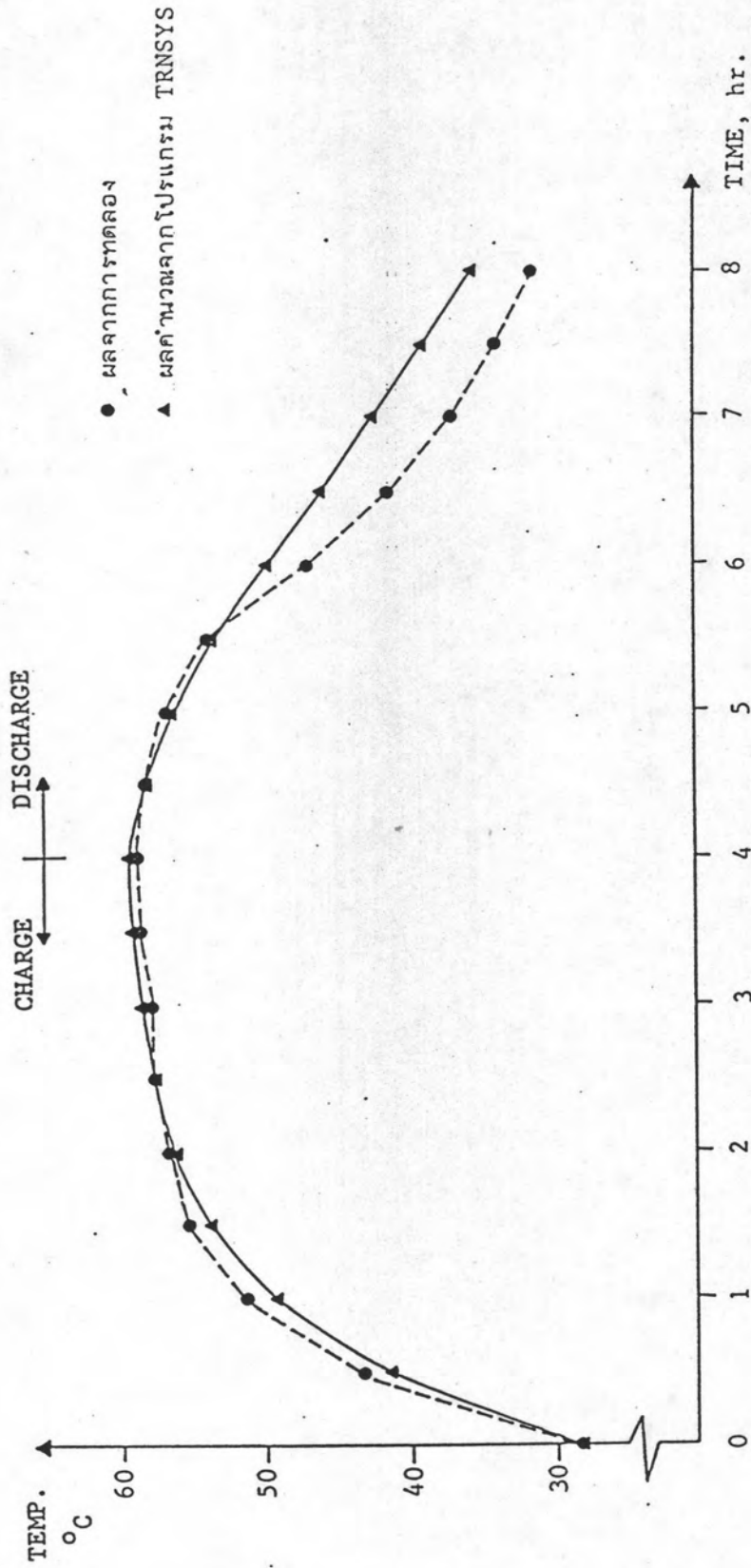
รูปที่ ค.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนคืนที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลก๊าททดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
 เมื่อขนาดดิน $\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ " , อัตราการไหลของอากาศ 202.32 $\text{m}^3/\text{hr.}$, เบตสูง 0.70 ม.



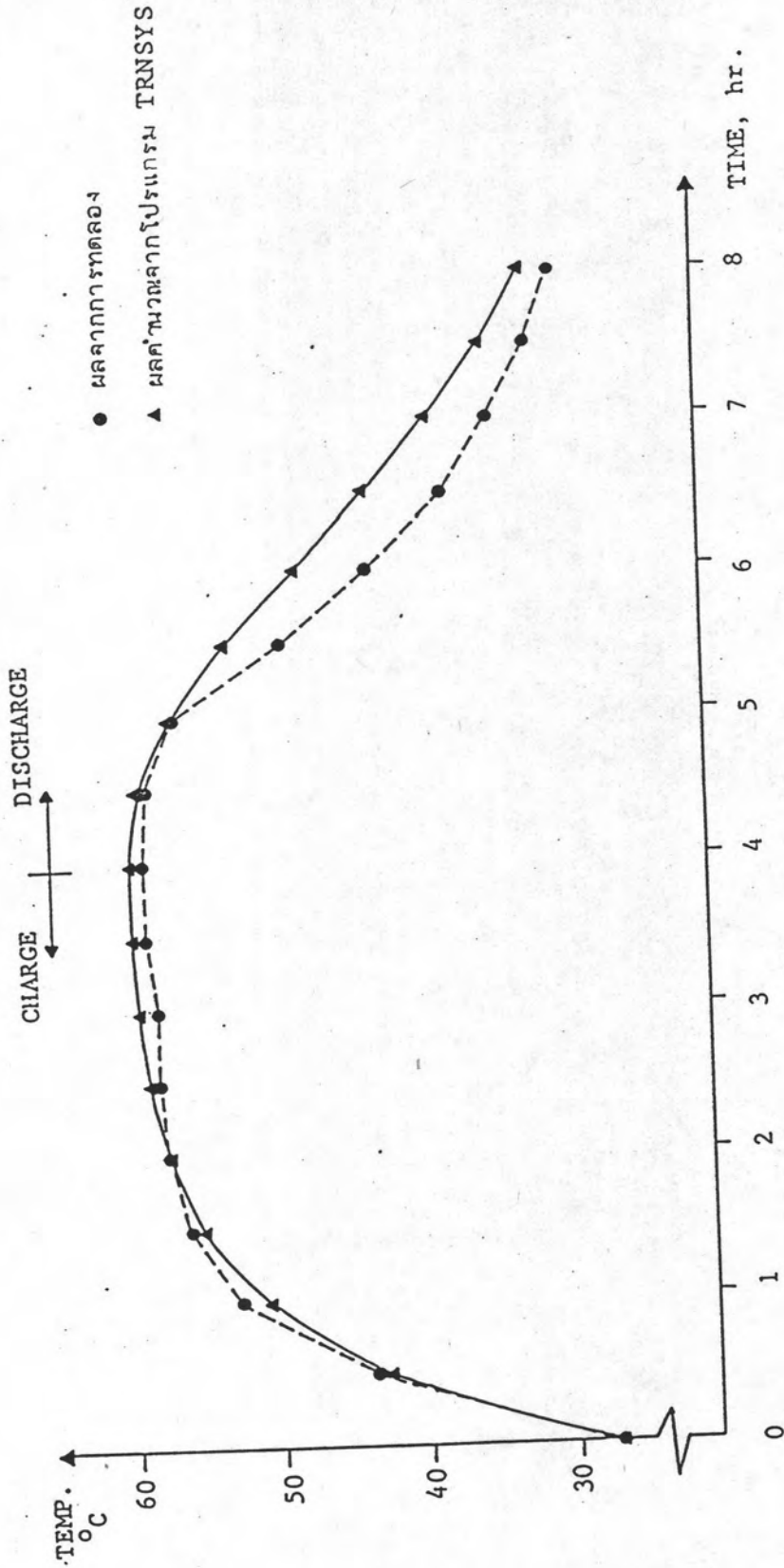
รูปที่ ค.2 แสดงการเปรียบเทียบจุดหมักอุณหภูมิที่ขึ้นของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
เมื่อนาตมิ $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ $238.9 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบตสูง 0.70 m.



รูปที่ ค.3 แสดงการเปรียบเทียบจุดหลอมก่อนหินที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลจากการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
 เมื่อนำหิน $\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ " , อัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr., เบตสูง 0.70 ม.

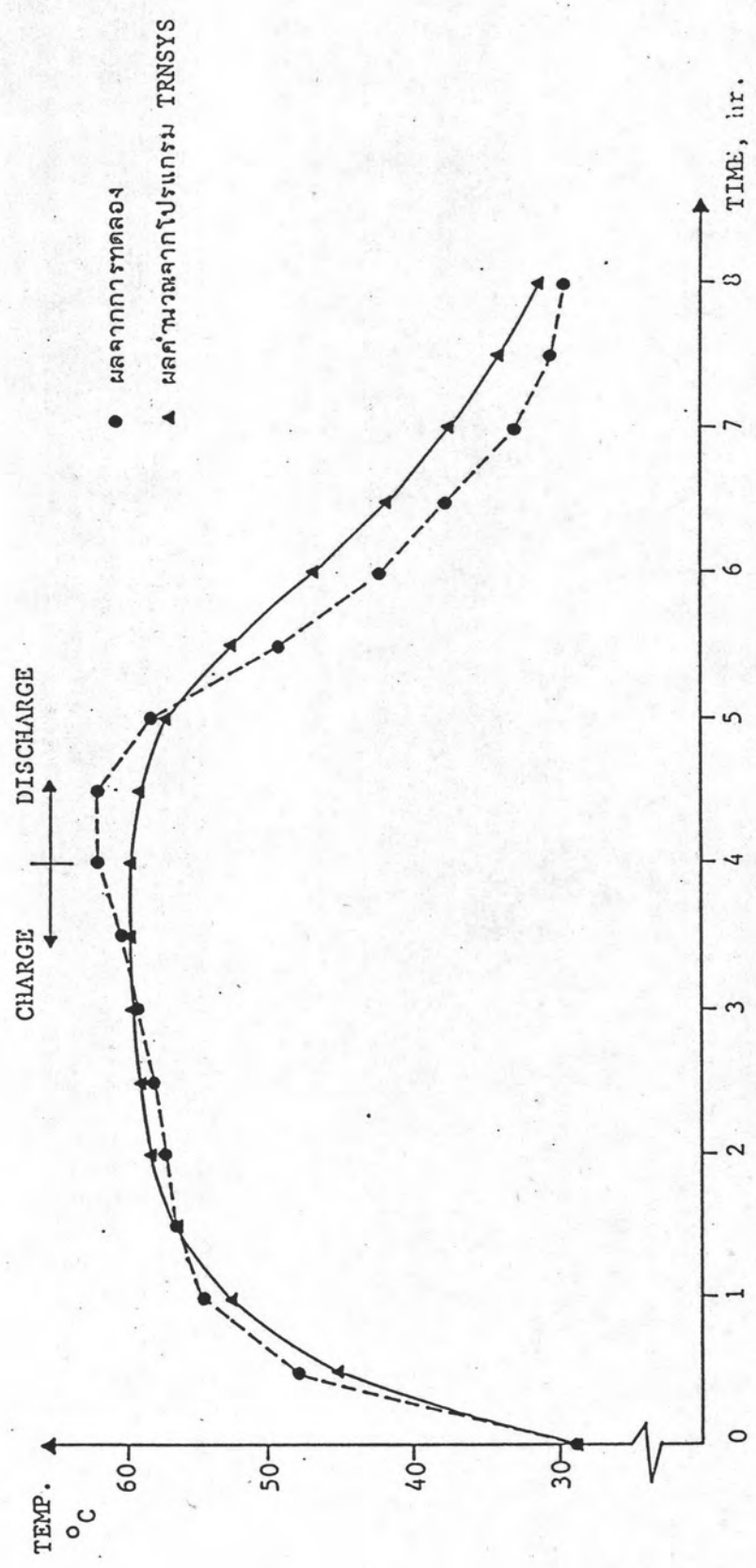


รูปที่ ค. 4 แสดงการเปรียบเทียบจุดหมักก่อนดินที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลจากการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
 เมื่อขนาดดิน $\frac{3}{4}$ - 1" , อัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr. , เบตสูง 0.70 ม.

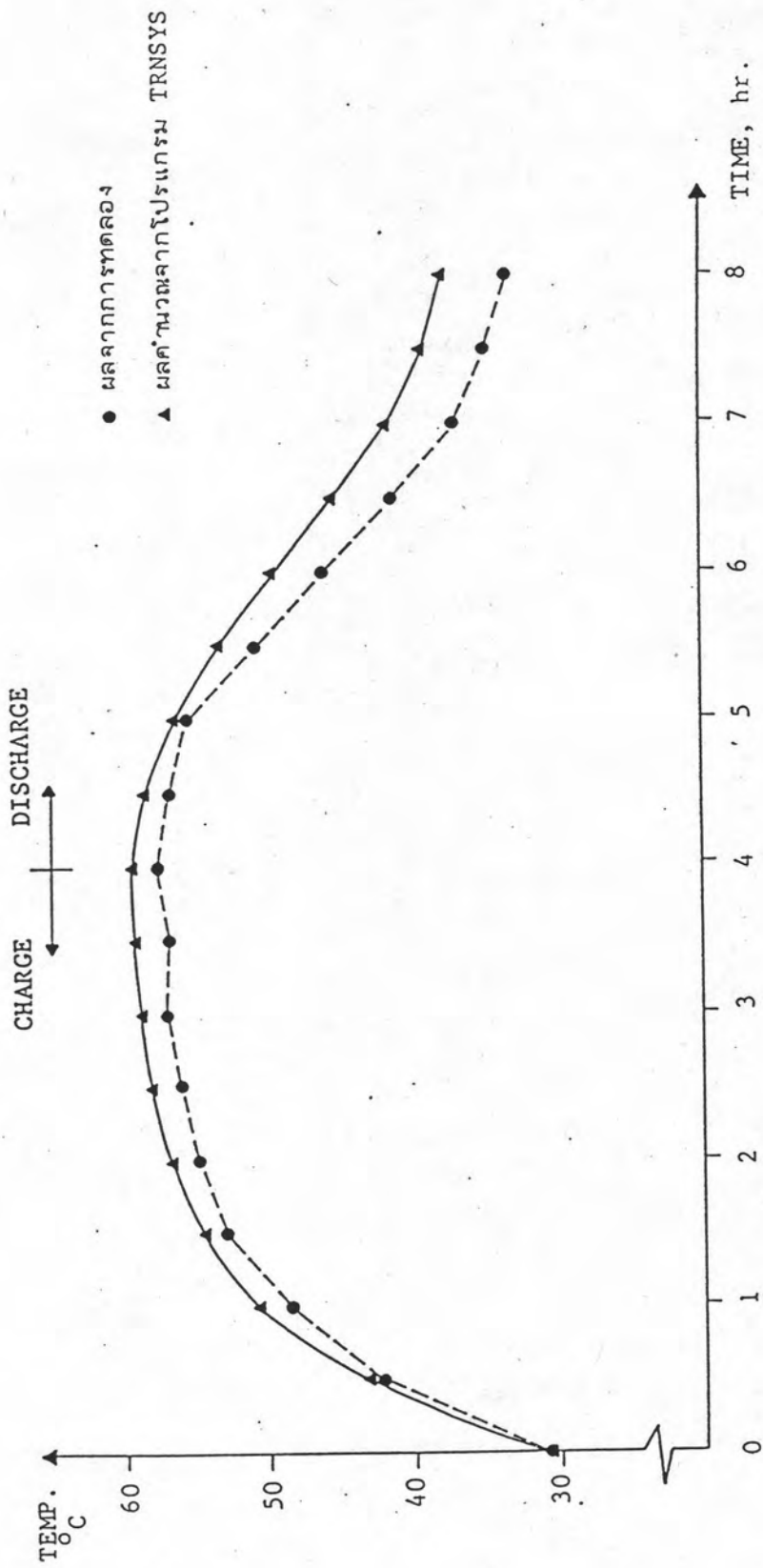


● ผลจากการทดลอง
▲ ผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS

รูปที่ ค.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนหินที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลจากการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
เมื่อขนาดหิน $\frac{3}{4}$ - 1" , อัตราการไหลของอากาศ $238.9 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบตสูง 0.70 m.



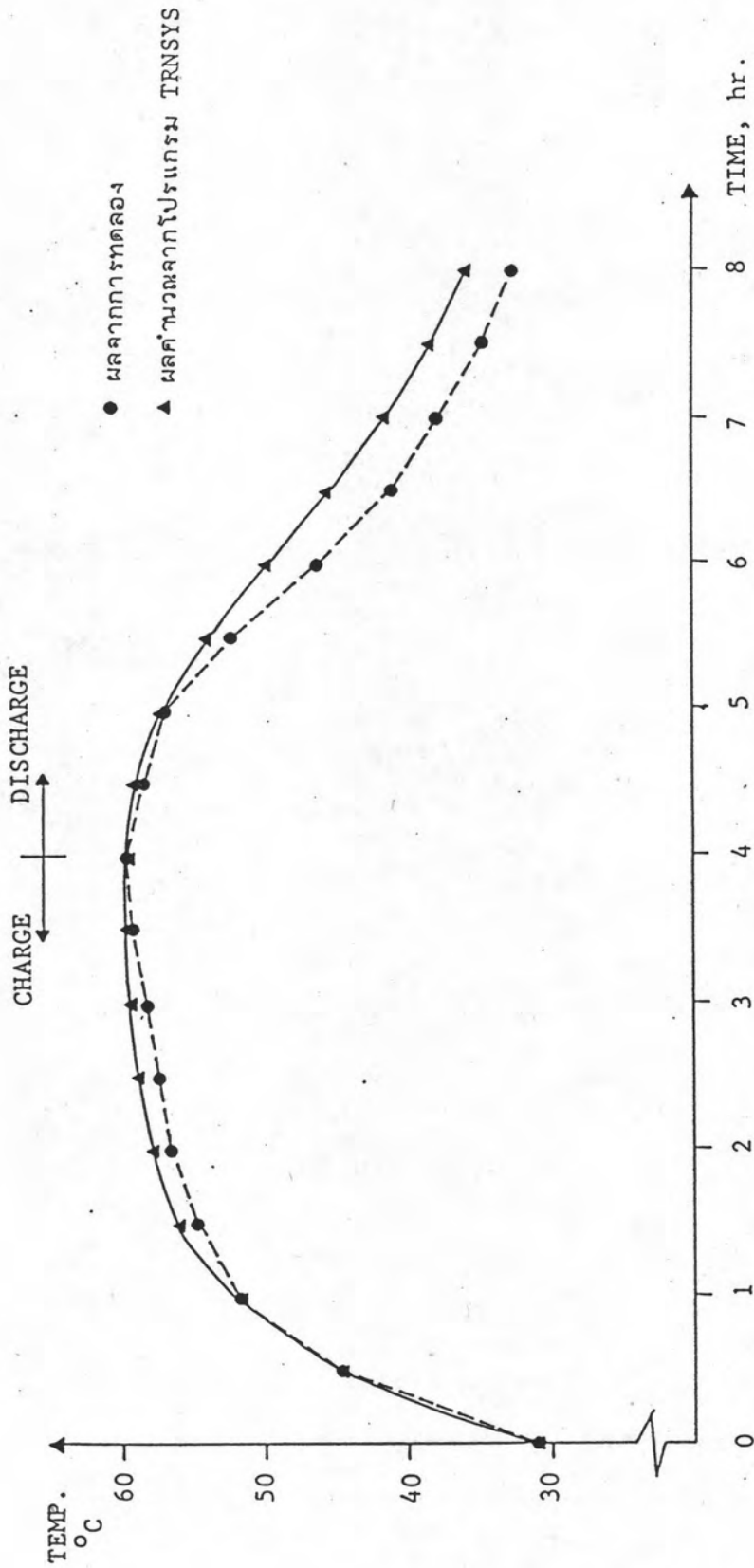
รูปที่ ค.6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนคืนที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลจากการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
 เมื่อนำขนาดหิน $\frac{3}{4}$ - 1" , อัตราการไหลของอากาศ $267.2 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบลสูง 0.7 ม.



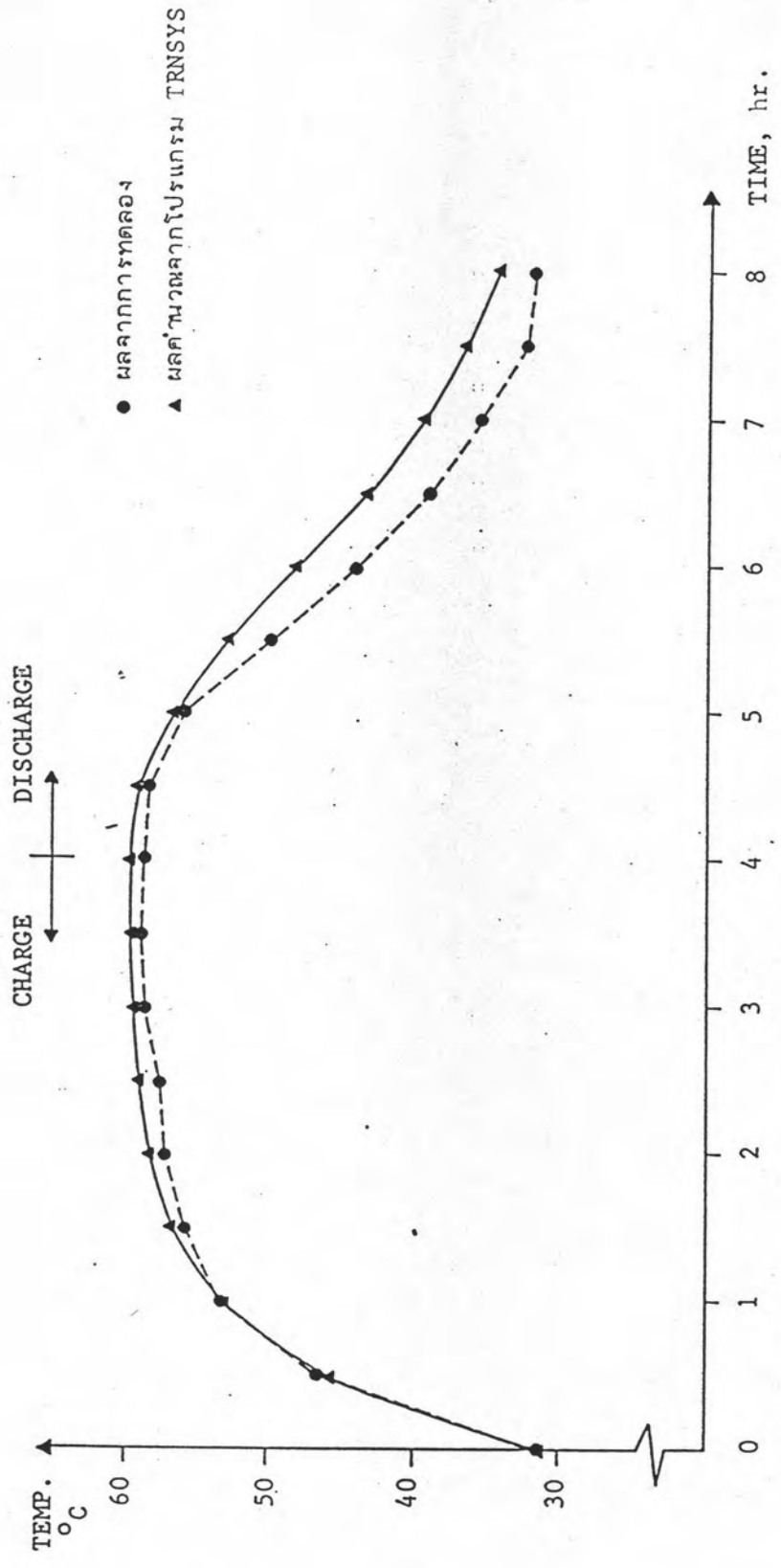
รูปที่ ค.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนคืนเย็นของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS

.เมื่อขนาดดิน 1" - 1 1/2", อัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr., เบตสูง 0.70 ม.

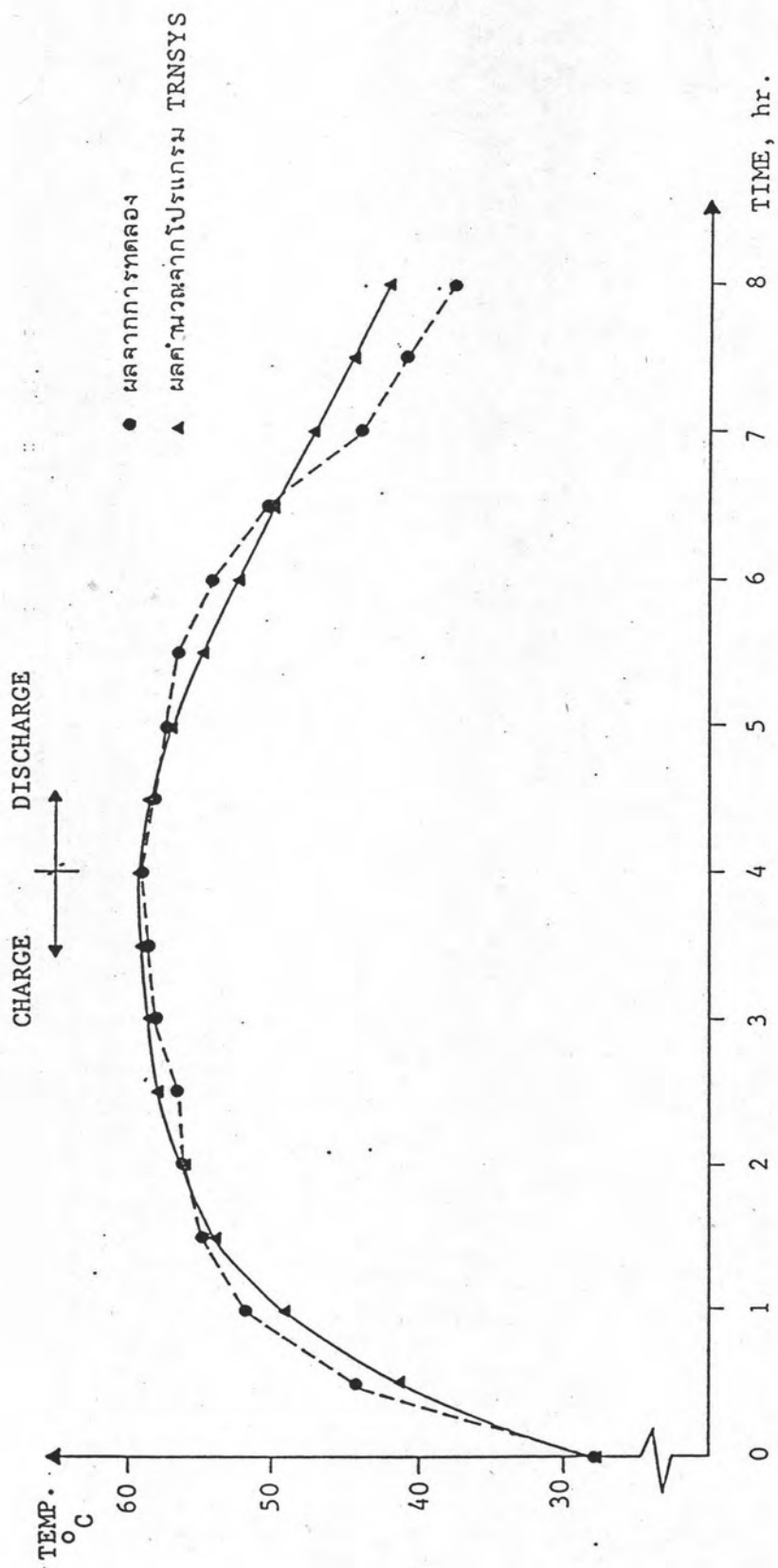




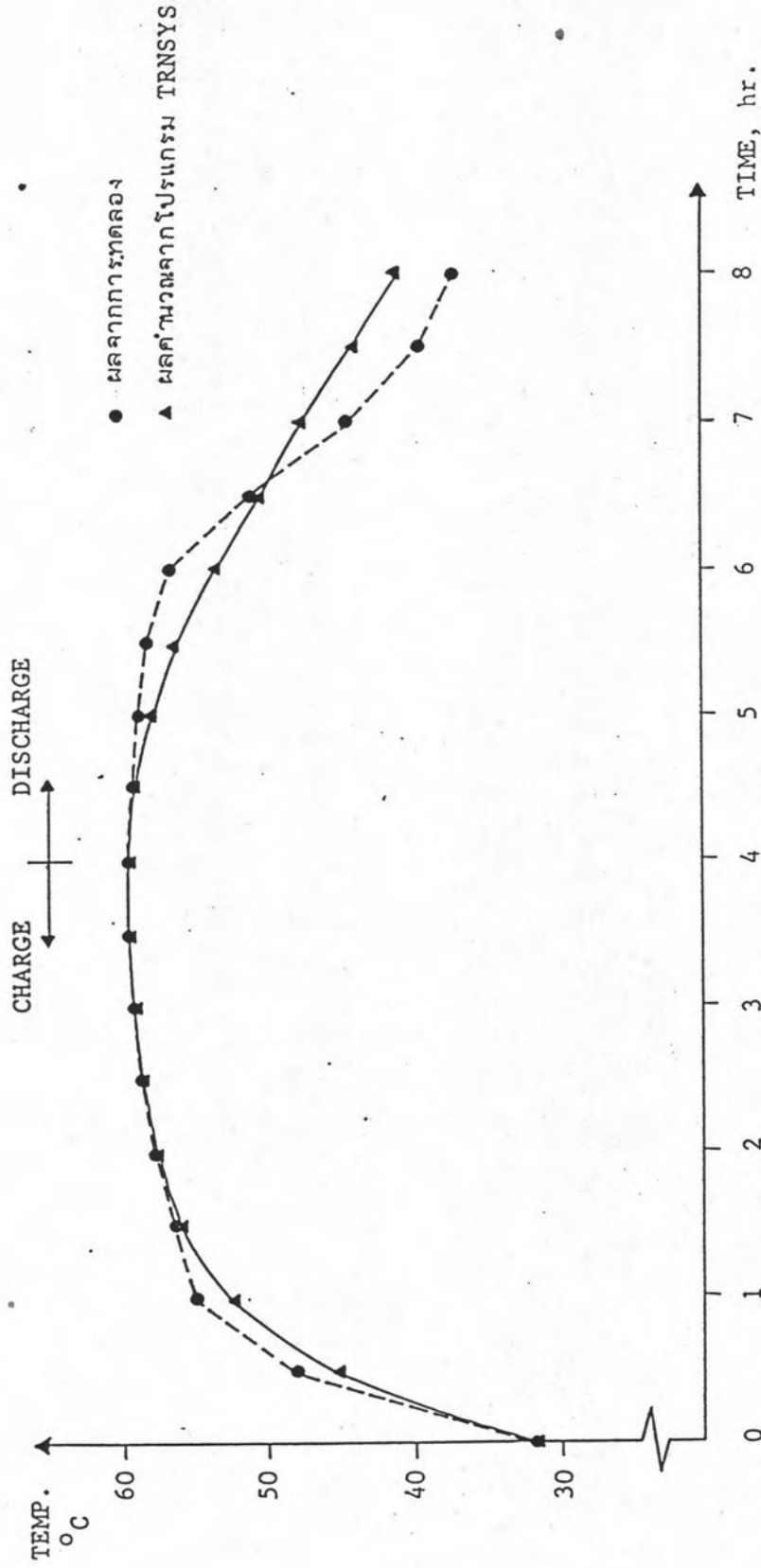
รูปที่ 8.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
 เมื่อขนาดหิน 1" - 1/2", อัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr., เบตสูง 0.70 m.



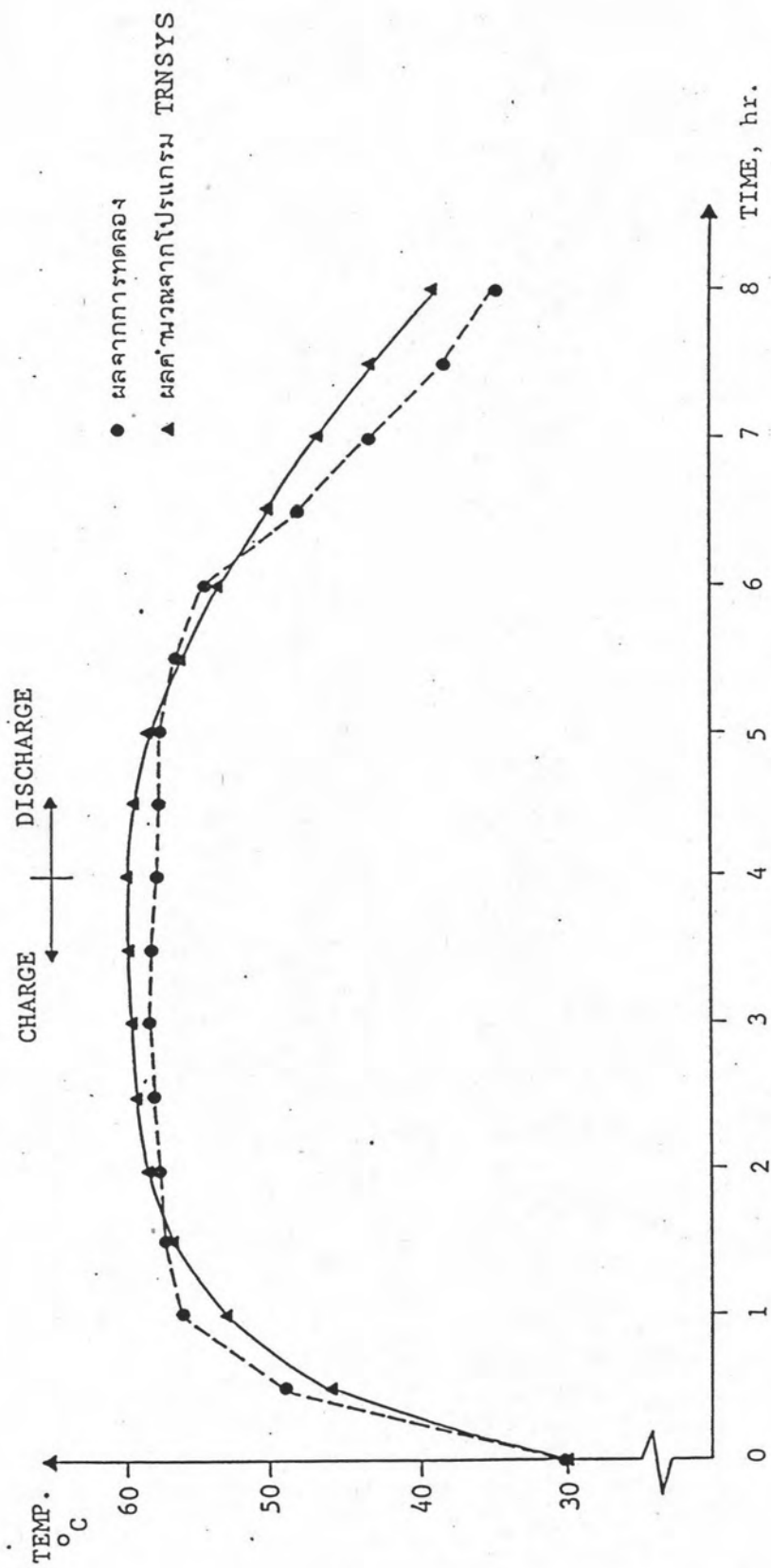
รูปที่ ค.9 แสดงการเปรียบเทียบจุดอุณหภูมิก่อนคืนที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
เมื่อขนาดหิน 1" - 1 1/2" , อัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr., เบตสูง 0.70 ม.



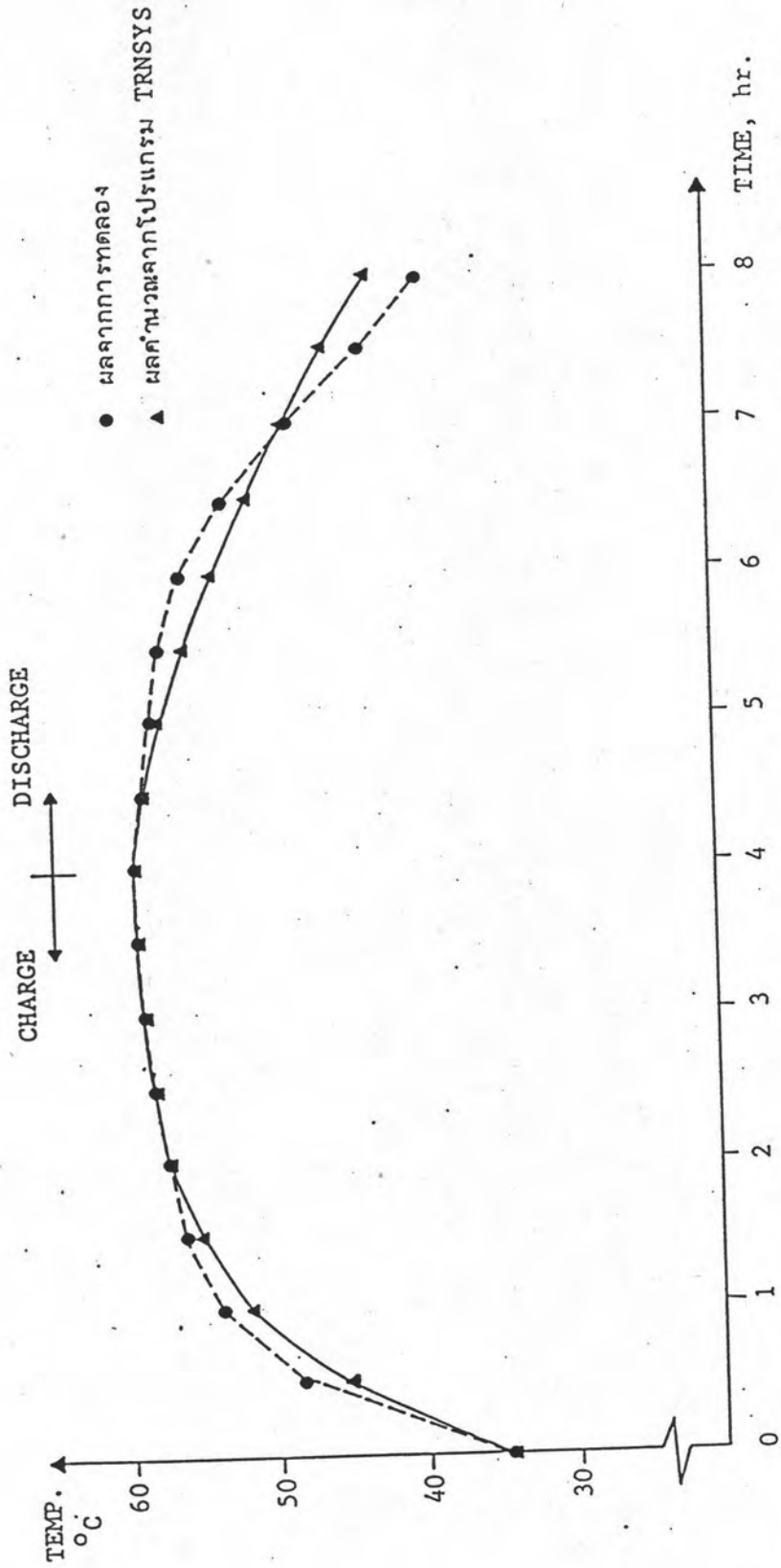
รูปที่ ค.10 แสดงการเปรียบเทียบจุดหมักก่อนดินที่ขึ้นบนของ เบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
 เมื่อขนาดดิน $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ $202.32 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบตสูง 1.05 ม.



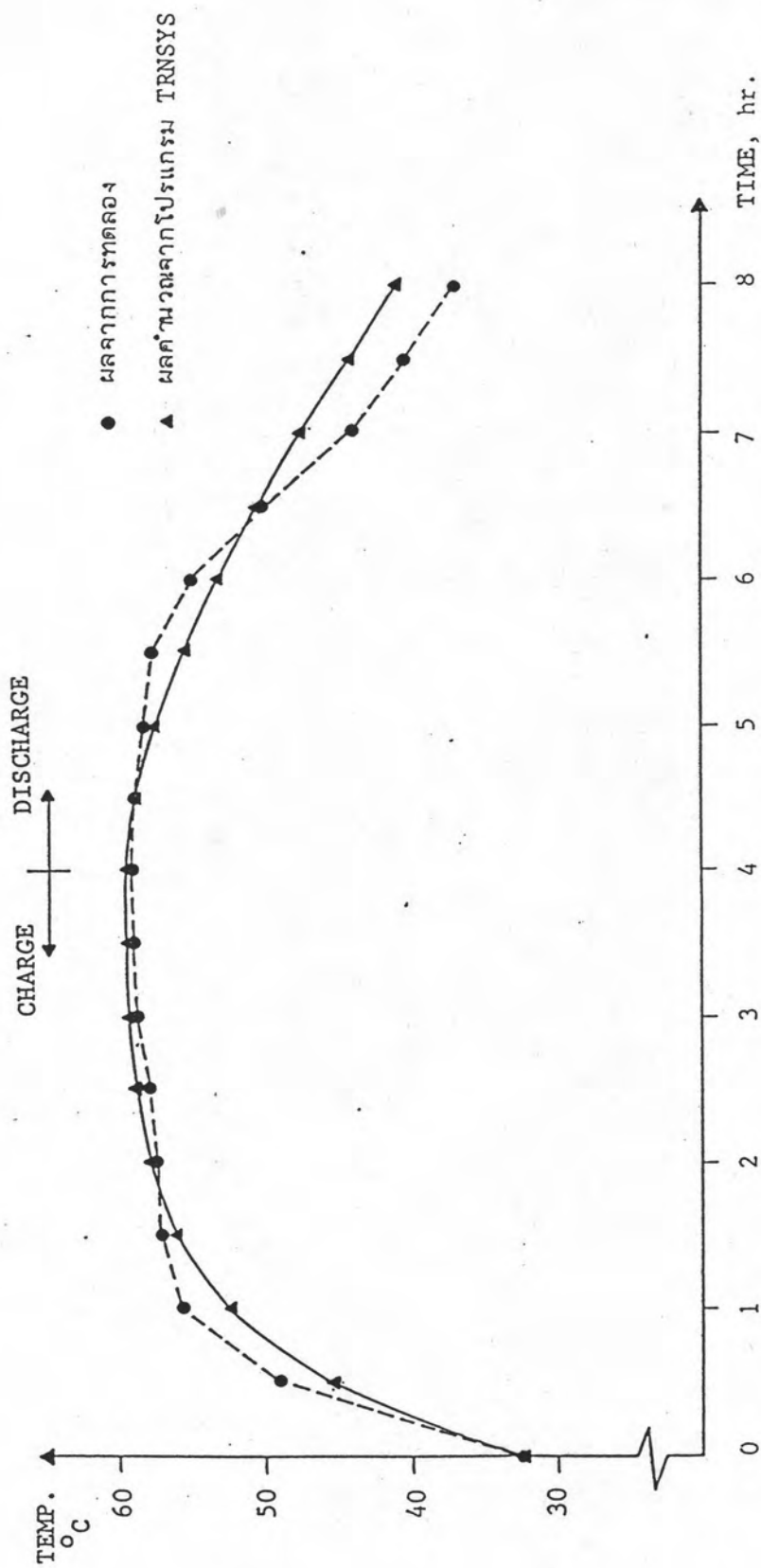
รูปที่ ค.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนหินที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลจากการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
 ... เมื่อนำหิน $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ $238.9 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบตสูง 1.05 ม.



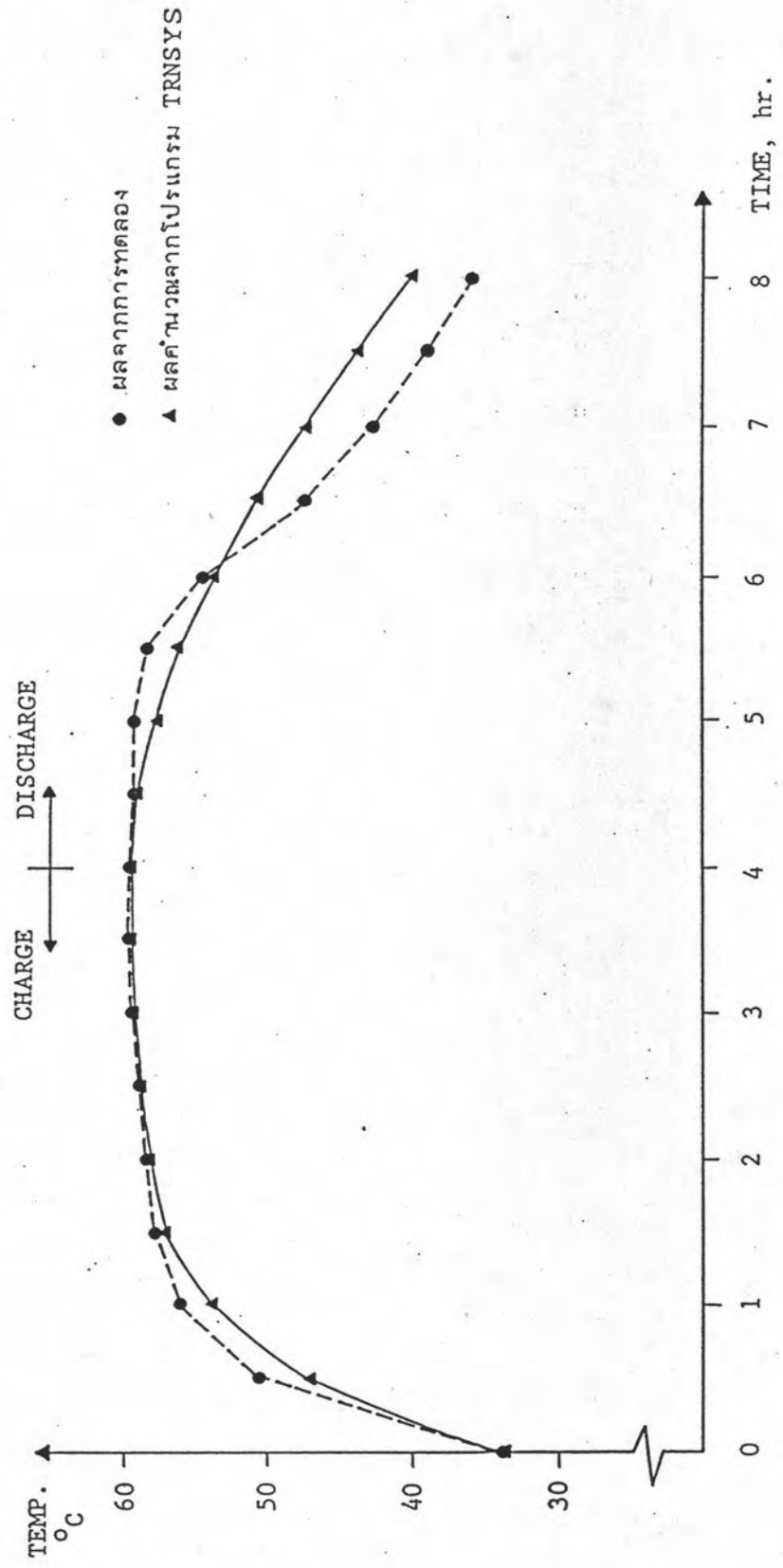
รูปที่ ค.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนคืนที่ขึ้นของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
 .เมื่อขนาดหิน $\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ " , อัตราการไหลของอากาศ $267.2 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบตสูง 1.05 ม.



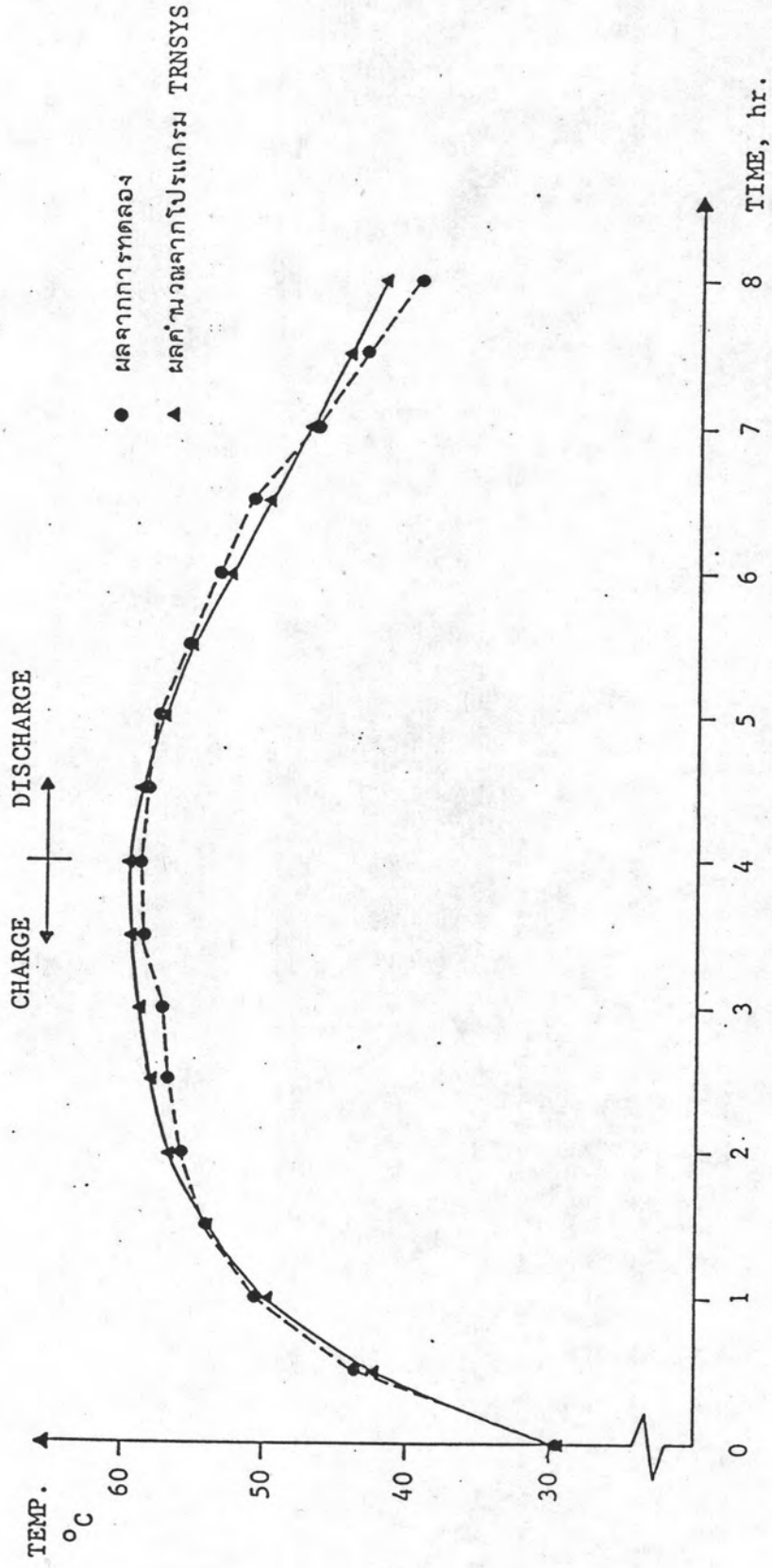
รูปที่ ค.13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนดินที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
เมื่อขนาดดิน $\frac{3}{4}$ - 1" , อัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr. , เบตสูง 1.05 ม.



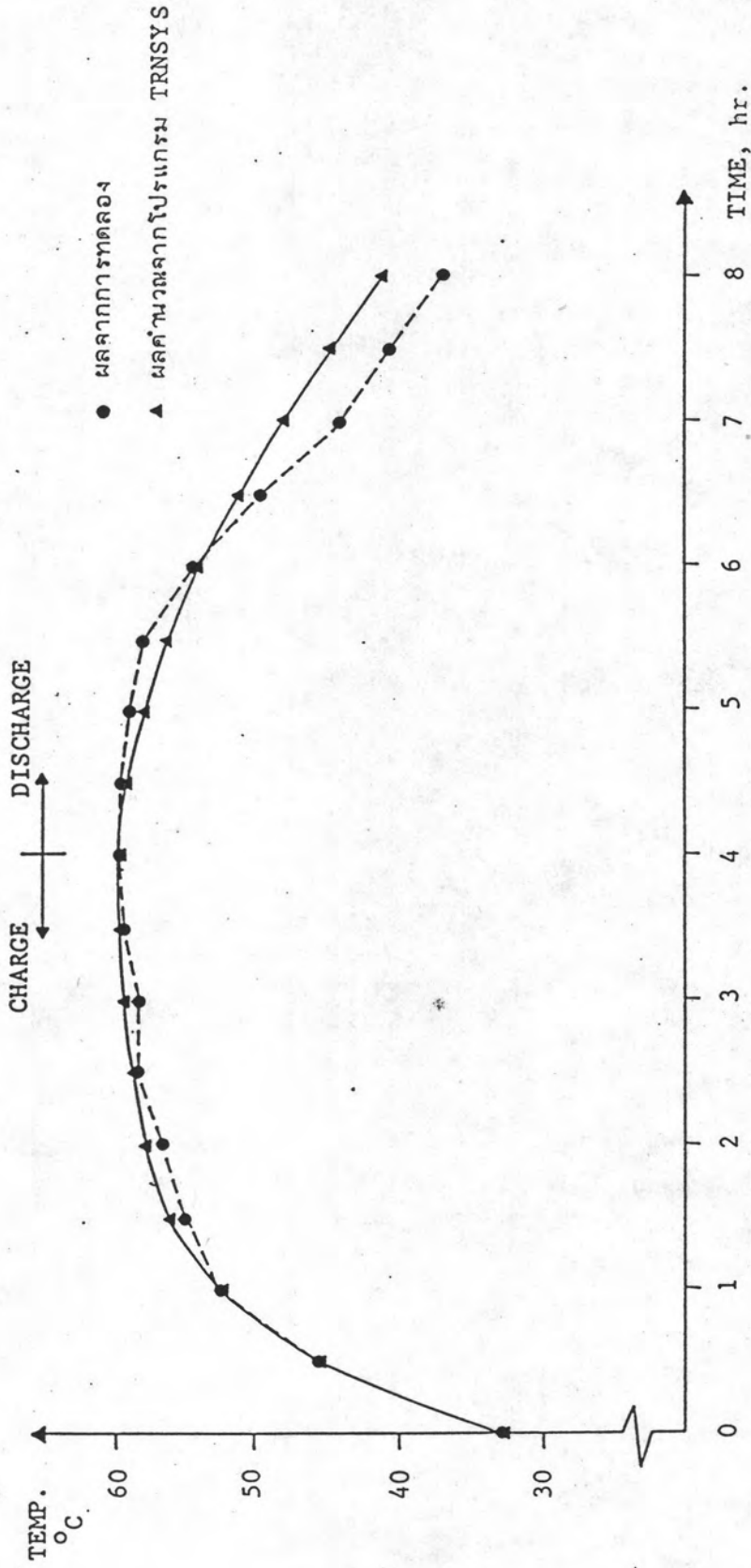
รูปที่ ค.14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนคืนที่ขึ้นบนของ เบตระหว่างผลกระทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
เมื่อขนาดหิน $\frac{3}{4}$ - 1" , อัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr. , เบลู่่ง 1.05 m.



รูปที่ ค.15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนคืนที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
เมื่อขนาดหิน $\frac{3}{4}$ " - 1" , อัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr. , เบตสูง 1.05 m.



รูปที่ ค.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกันดินที่ชั้นบนของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
เมื่อขนาดหิน 1" - 1 1/2" , อัตราการไหลของอากาศ 202.32 m³/hr., เบตสูง 1.05 ม.



รูปที่ ค.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนคืนที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลจากการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS
เมื่อขนาดหิน 1"- 1 1/2", อัตราการไหลของอากาศ 238.9 m³/hr., เบตสูง 1.05 ม.

ภาคผนวก ง

บัตรควบคุมและผลการคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS สำหรับใช้เปรียบเทียบกับผลการทดลอง

TRNSYS = A TRANSIENT SIMULATION PROGRAM

FROM THE SOLAR ENERGY LAB AT THE UNIVERSITY OF WISCONSIN

VERSION 6.2 05/21/75

SIMULATION 0.000E+00 8.000E+00 2.500E-01

TOLERANCES 1.000E-02 1.000E-02

LIMITS 50 40

UNIT 1 TYPE 9 CARD READER

PARAMETER 2

5.000E+00 2.500E-01

UNIT 2 TYPE 6 HEATER

PARAMETER 4

1.020E+04 6.000E+01 5.000E-01 1.008E+00

INPUT 2

1,1 1,2

3.000E+01 267.2

UNIT 3 TYPE 10 ROCK BED

PARAMETER 8

1.008E+00 1.050E+02 4.540E-01 2.387E+00 8.700E-01

2.739E+03 1.800E+00 9.360E-02

INPUT 5

2,1 2,2 1,3 1,4 1,5

3.000E+01 267.2 0.000E+00 0.000E+00 3.000E+01

DERIVATIVE 6

2.970E+01 2.970E+01 2.970E+01 2.970E+01 2.970E+01 2.970E+01

UNIT 4 TYPE 24 INTEGRATOR

INPUT 3

2,3 3,6 3,7

0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

UNIT 5 TYPE 25 PRINTER

PARAMETER 1

1.000E+00

INPUT 10

3,8 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 4,3 4,2

4,1 2,1

TBAR DELU MB T(1) MT TN QENV QTANK

QAUX TO

END

TRANSIENT SIMULATION STARTING AT TIME = 0.000E+00

STOPPING AT TIME = 8.000E+00

TIME STEP = 2.500E-01

DIFFERENTIAL EQUATION ERROR TOLERANCE = 1.000E-02

ALGEBRAIC CONVERGENCE TOLERANCE = 1.000E-02

TIME = 0.000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
2.970E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.970E+01	2.672E+02	2.970E+01
QENV	QTANK	QAUX			
0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00			

TIME = 1.0000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
3.687E+01	8.141E+03	0.000E+00	5.269E+01	2.672E+02	2.981E+01
QENV	QTANK	QAUX	TO		
1.483E+01	0.000E+00	8.091E+03	6.000E+01		

TIME = 2.0000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
4.386E+01	1.609E+04	0.000E+00	5.820E+01	2.672E+02	3.164E+01
QENV	QTANK	QAUX	TO		
6.174E+01	0.000E+00	1.617E+04	6.000E+01		

TIME = 3.0000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
4.991E+01	2.295E+04	0.000E+00	5.947E+01	2.672E+02	3.756E+01
QENV	QTANK	QAUX	TO		
1.384E+02	0.000E+00	2.425E+04	6.000E+01		

TIME = 4.0000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
5.426E+01	2.790E+04	0.000E+00	5.980E+01	2.672E+02	4.498E+01
QENV	QTANK	QAUX	TO		
2.658E+02	0.000E+00	3.233E+04	6.000E+01		

TIME = 5.0000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
4.853E+01	2.139E+04	2.672E+02	5.800E+01	0.000E+00	3.455E+01
QENV	QTANK	QAUX	TO		
3.372E+02	6.850E+03	3.334E+04	6.000E+01		

TIME = 6.0000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
4.221E+01	1.422E+04	2.672E+02	5.335E+01	0.000E+00	3.108E+01
QENV	QTANK	QAUX	TO		
4.061E+02	1.391E+04	3.334E+04	6.000E+01		

TIME = 7.0000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
3.726E+01	8.591E+03	8.672E+02	4.683E+01	0.000E+00	3.028E+01
QENV	QTANK	QAUX	TO		
4.495E+02	1.948E+04	3.334E+04	6.000E+01		

TIME = 8.0000

TBAR	DELU	MB	T(1)	MT	TN
3.392E+01	4.798E+03	2.672E+02	3.988E+01	0.000E+00	3.007E+01
QENV	QTANK	QAUX	TO		
4.742E+02	2.326E+04	3.334E+04	6.000E+01		

ภาคผนวก จ

การหาขนาดถังสะสมความร้อนเพื่อใช้ในการทดลอง

ปริมาณความร้อนที่เก็บสะสมอยู่ในถังสะสมความร้อนสำหรับการทดลองมีค่าประมาณ 25 MJ. พลังงานความร้อนจำนวนนี้จะนำไปใช้ในการอบกล้วย จำนวน 1000 ผล เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง (14) จึงต้องหาขนาดของถังสะสมความร้อนซึ่งสามารถเก็บพลังงานความร้อนดังกล่าวได้

$$Q = m C_p \Delta t$$

เมื่อ

$$Q = \text{ปริมาณความร้อนที่สะสมในถังสะสมความร้อน}$$

$$= 25 \text{ MJ.}$$

$$m = \text{มวลของก้อนหิน , kg.}$$

$$C_p = \text{ค่าความร้อนจำเพาะของก้อนหิน}$$

$$= 0.88 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$\Delta t = \text{ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิบรรยากาศกับอุณหภูมิที่เก็บสะสม}$$

$$= 30^\circ\text{C}$$

$$\text{ดังนั้น มวลของก้อนหิน (m.)} = \frac{Q}{C_p \Delta t}$$

$$= \frac{25 \times 10^3}{0.88 \times 30} = 946.96 \text{ kg.}$$

$$\text{ก้อนหินมีความหนาแน่น} = 2560 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ปริมาตรของถังสะสมความร้อน} = \frac{946.96}{2560} = 0.37 \text{ m}^3$$

ในการสร้างถังสี่เหลี่ยมร่อนเพื่อการทดลอง จะคำนึงถึงความง่ายในการสร้างและราคา ดังนั้นถังสี่เหลี่ยมร่อนจะทำจากท่อคอนกรีตซึ่งมีขายตามท้องตลาดทั่วไป ท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.76 เมตร และแต่ละท่อมีความสูง 0.35 เมตร

ถ้าท่อมีความสูง 0.7 เมตร

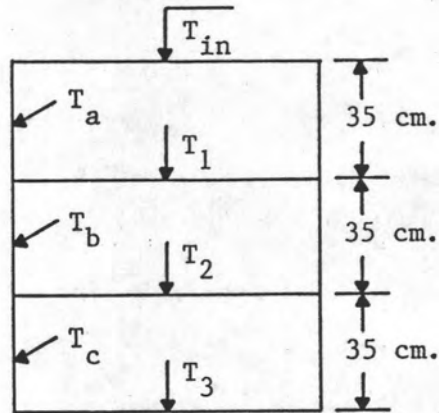
$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของถังสี่เหลี่ยมร่อน} &= \frac{\pi D^2}{4} \times h \\ &= \frac{\pi (0.76)^2}{4} \times 0.7 \\ &= 0.32 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

ถ้าท่อมีความสูง 1.05 เมตร

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของถังสี่เหลี่ยมร่อน} &= \frac{\pi (0.76)^2}{4} \times 1.05 \\ &= 0.47 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

ดังนั้นในการทดลองจะให้ถังสี่เหลี่ยมร่อนมีความสูง 0.7 เมตร และ 1.05 เมตร ซึ่งต้องใช้ท่อคอนกรีตจำนวน 2 ท่อ และ 3 ท่อ ตามลำดับ ส่วนด้านบนและด้านล่างของถังสี่เหลี่ยมจะใช้ท่อคอนกรีตอีกจำนวน 2 ท่อ สำหรับการนำอากาศเข้าและออกจากถังสี่เหลี่ยมร่อน

จ.1 การหาค่าพลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศ



รูปที่ 1

T_a , T_b , T_c เป็นค่าอุณหภูมิที่ผิวภายในของเบตชั้นที่ 1, 2, 3 ตามลำดับ โดยเบตแต่ละชั้นมีความหนาเท่ากับ 35 ซม. และให้อุณหภูมิอากาศที่ออกจากเบตชั้นที่ 1, 2, 3 มีค่า T_1 , T_2 , T_3

จากข้อมูลการทดลองเมื่อ อัตราการไหลของอากาศ $238.9 \text{ m}^3/\text{hr.}$, เบตสูง 105 Cm., ขนาดหิน $1" - 1\frac{1}{2}"$

พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้แก่รอกเบตในช่วงการสะสมความร้อน สามารถหาได้จากสูตร

$$Q = \dot{m} C_p (T_i - T_o) \quad 1$$

เมื่อ \dot{m} = อัตราการไหลมวลของอากาศ

$$= 238.9 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} = 249 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

$$C_p = \text{ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ} = 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C.}}$$

T_i = อุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่รอกเบตในแต่ละชั้น

T_o = อุณหภูมิอากาศที่ออกจากรอกเบตในแต่ละชั้น

การหาค่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้แก่เบตแต่ละชั่วโมง ดังนี้

ชั่วโมงที่ 1

$$\text{ขั้นที่ 1, } T_{in} = 56.9^{\circ}\text{C} , T_1 = 41.0^{\circ}\text{C}$$

จากสมการที่ 1

$$\begin{aligned} Q &= m' C_p (T_{in} - T_1) \\ &= 249 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \times 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (56.9 - 41.0)^{\circ}\text{C} = 3978.89 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}} \\ &= 3978.89 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}} \times 1 \text{ hr} = 3978.89 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\text{ขั้นที่ 2, } T_2 = 33.6$$

$$\begin{aligned} Q &= m' C_p (T_1 - T_2) \\ &= 249 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \times 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (41.0 - 33.6)^{\circ}\text{C} \\ &= 1851.81 \text{ kJ.} \end{aligned}$$

$$\text{ขั้นที่ 3, } T_3 = 32.0$$

$$\begin{aligned} Q &= m' C_p (T_2 - T_3) \\ &= 249 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \times 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (33.6 - 32.0)^{\circ}\text{C} \\ &= 400.39 \text{ kJ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้แก่เบตภายใน 1 ชั่วโมง} &= 3978.89 + 1851.81 \\ &+ 400.39 \\ &= 6231.09 \text{ kJ.} \end{aligned}$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\text{พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้แก่เบตในชั่วโมงที่ 2} = 4629.53 \text{ kJ.}$$

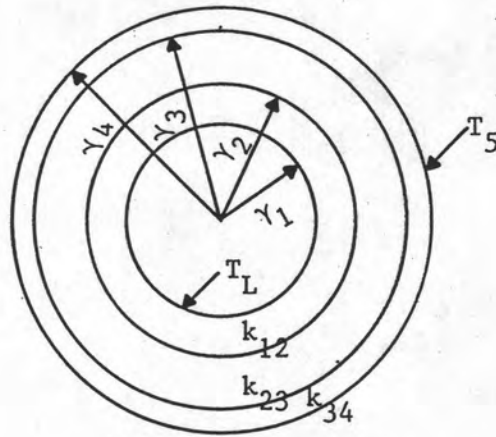
$$\text{พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้แก่เบตในชั่วโมงที่ 3} = 2977.92 \text{ kJ.}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้แก่เบตในชั่วโมงที่ 4} = 1601.56 \text{ kJ.}$$

รวมพลังงานความร้อนทั้งหมดที่ถ่ายเทให้แก่เบตในเวลา 4 ชั่วโมง

$$= 6231.09 + 4629.53 + 2977.92 + 1601.56 \text{ kJ.}$$

$$= 15440.1 \text{ kJ.}$$



รูปที่ 2

การหาค่าพลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศ หาได้จากสูตร

$$\frac{q}{L} = \frac{2\pi (T_L - T_S)}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_{12}} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{k_{23}} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{k_{34}}}$$

2

เมื่อ T_L = อุณหภูมิที่ผิวภายในเบตของแต่ละชั้น

L = ความสูงของเบตแต่ละชั้น = 35 cm. = 1.148 ft.

T_S = อุณหภูมิบรรยากาศ = 30°C = 86°F

k_{12} = ค่าการนำความร้อนของคอนกรีต = 0.81 $\frac{\text{Btu}}{\text{hr-ft-}^\circ\text{F}}$

k_{23} = ค่าการนำความร้อนของฉนวนใยแก้ว = 0.0218 $\frac{\text{Btu}}{\text{hr-ft-}^\circ\text{F}}$

k_{34} = ค่าการนำความร้อนของสังกะสี = 64.8 $\frac{\text{Btu}}{\text{hr-ft-}^\circ\text{F}}$

r_1 = รัศมีภายในของบ่อคอนกรีต = 38 cm. = 1.247 ft.

r_2 = รัศมีภายนอกของบ่อคอนกรีต = 40 cm. = 1.312 ft.

$$r_3 = \text{รัศมีภายนอกของฉนวนใยแก้ว} = 1.645 \text{ ft.}$$

$$r_4 = \text{รัศมีภายนอกของสังกะสี} = 1.647 \text{ ft.}$$

พลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศในแต่ละชั่วโมง มีดังนี้

ชั่วโมงที่ 1

$$\text{ชั้นที่ 1, } T_a = 47.2 \text{ }^\circ\text{C} = 116.96 \text{ }^\circ\text{F}$$

แทนค่าในสมการที่ 2

$$\begin{aligned} \frac{q}{L} &= \frac{2\pi (116.96 - 86)}{\frac{\ln(1.312/1.247)}{0.81} + \frac{\ln(1.645/1.312)}{0.0218} + \frac{\ln(1.647/1.645)}{64.8}} \\ &= \frac{2\pi \times 30.96}{10.483} = 18.556 \frac{\text{Btu}}{\text{hr} - \text{ft}} \end{aligned}$$

$$q = 22.48 \text{ kJ.}$$

$$\text{ชั้นที่ 2, } T_b = 39.7 \text{ }^\circ\text{C} = 103.46 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\frac{q}{L} = \frac{2\pi(103.46 - 86)}{10.483} = 10.465 \frac{\text{Btu}}{\text{hr} - \text{ft}}$$

$$q = 12.677 \text{ kJ.}$$

$$\text{ชั้นที่ 3, } T_c = 34.2 \text{ }^\circ\text{C} = 93.56 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\frac{q}{L} = \frac{2\pi(93.56 - 86)}{10.483} = 4.531 \frac{\text{Btu}}{\text{hr} - \text{ft}}$$

$$q = 5.489 \text{ kJ.}$$

พลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศภายใน 1 ชั่วโมง

$$= 22.48 + 12.67 + 5.49 = 40.64 \text{ kJ.}$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\text{พลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศในชั่วโมงที่ 2} = 74.5 \text{ kJ.}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศในชั่วโมงที่ 3} = 94.76 \text{ kJ.}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศในชั่วโมงที่ 4} = 106.78 \text{ kJ.}$$

รวมพลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศภายในเวลา 4 ชั่วโมง

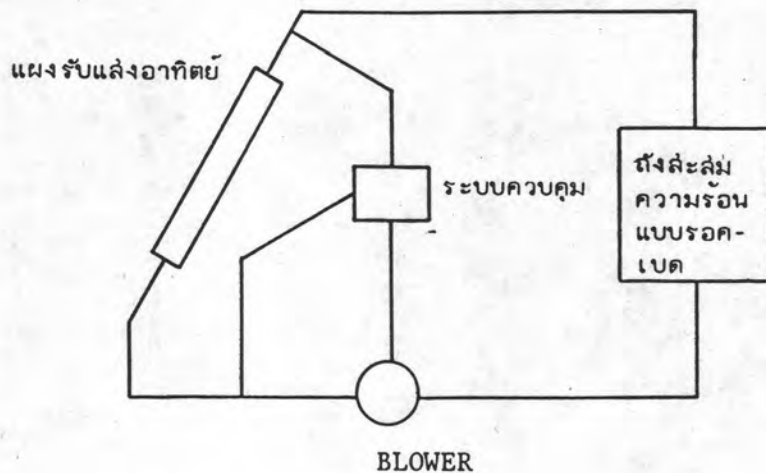
$$= 40.64 + 74.5 + 94.76 + 106.78 \text{ kJ,}$$

$$= 316.68 \text{ kJ.}$$

$$\begin{aligned} \text{พลังงานความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศ} &= \frac{316.68}{15440.1} \\ &= 2.05 \% \end{aligned}$$

ภาคผนวก จ

ระบบการระดมความร้อนแบบรอกเบต ที่มีการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับ (Forced circulation) โดยในช่วงการระดมความร้อนอากาศจากด้านล่างของถังระดมความร้อนจะถูกดูดโดย BLOWER และถูกส่งไปยังแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ ก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วไหลออกจากแผงรับแสงอาทิตย์เป็นอากาศร้อนเข้าสู่ด้านบนถังระดมความร้อน และถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับก้อนหินที่อยู่ในถังระดมความร้อน และอากาศมีอุณหภูมิลดลง ไหลออกทางด้านล่างของถังระดมความร้อน ส่วนระบบควบคุมจะทำงานต่อเมื่ออุณหภูมิของอากาศที่ไหลออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ ต่ำกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ โดยระบบควบคุมจะสั่งให้ BLOWER หยุดทำงาน ดังแสดงในรูปที่ จ.1 สำหรับในช่วงการนำความร้อนระดมออกไปใช้ อากาศเย็นจะไหลเข้าสู่ด้านล่างของถังระดมความร้อน และกลายเป็นอากาศร้อนไหลออกทางด้านบนของถังระดมความร้อน



รูปที่ จ.1 แสดงระบบการระดมความร้อนแบบรอกเบต

ระบบการระดมความร้อนแบบรอกเบต พลังงานความร้อนที่ใช้เก็บสะสมจะมาจากแผงรับแสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงต้องหาขนาดพื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถที่เก็บสะสมและนำพลังงานความร้อนออกไปใช้ข้อพิชผลทางการเกษตรได้ โดยกำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

ถึงสะสมความร้อนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร และเบตมีความสูง 1.2 เมตร

ในช่วงการสะสมความร้อน อากาศเข้าสู่เบตมีความเร็ว 0.1 - 0.15 m/s เพื่อให้การกระจายของอากาศผ่านเบตเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ (6)

ถึงสะสมความร้อนสามารถให้พลังงานได้ประมาณ 41 MJ. สำหรับใช้บอกด้วยจำนวน 1000 ผล ในช่วงอุณหภูมิใช้งาน 45-55°C เป็นเวลานาน 7 ชั่วโมง (14)

อัตราการไหลของอากาศ เมื่อนำความร้อนไปใช้งาน 240 m³/hr. (14)

ข้อมูลการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิบรรยากาศ ที่ใช้ในโปรแกรม TRNSYS หาได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา (16)

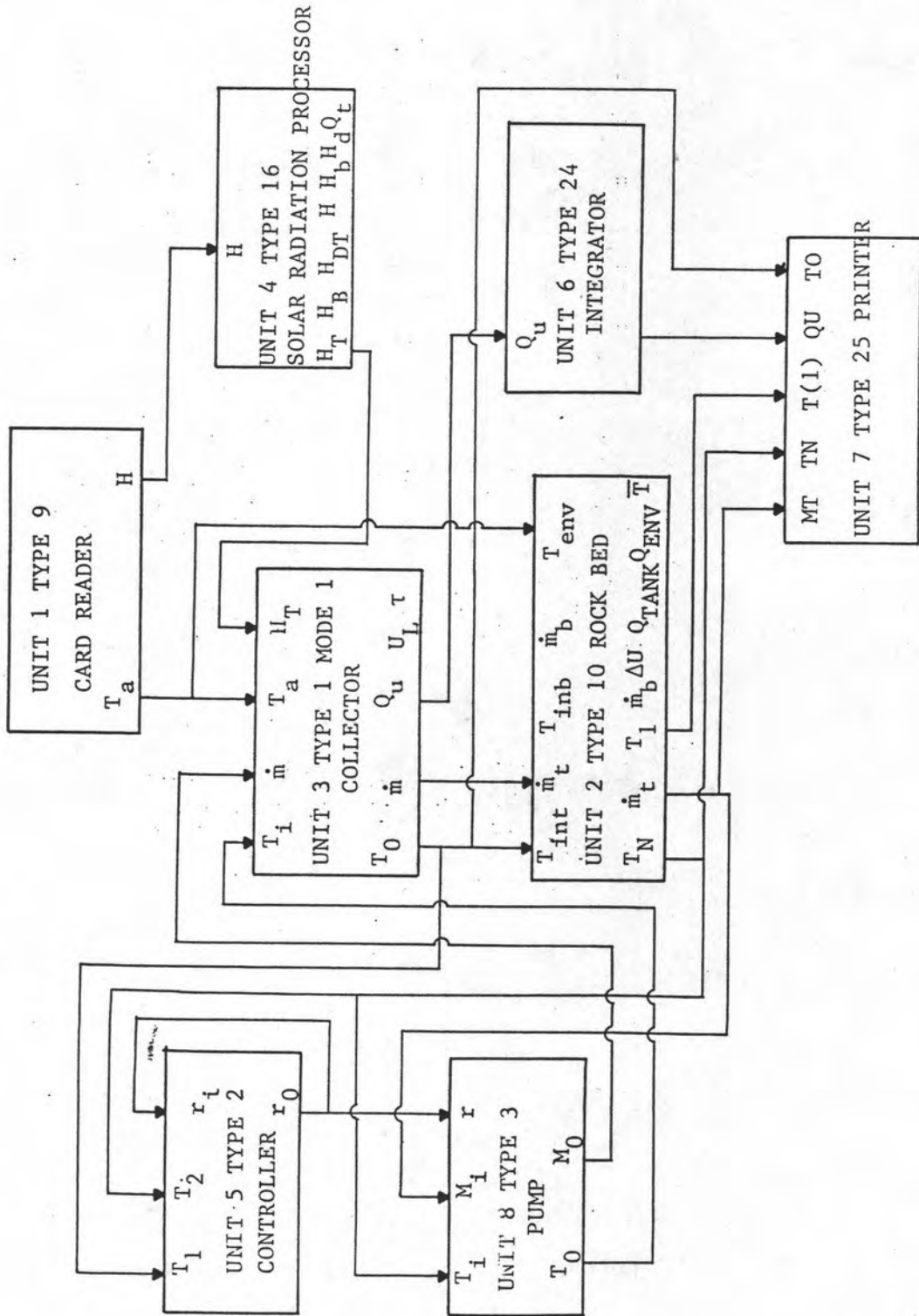
จากตัวแปรดังกล่าวข้างต้น เมื่อนำมาใส่เข้าโปรแกรม TRNSYS ตามไดอะแกรม ในภาคผนวกที่ ฉ.1 โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่อ่านเข้าไปในโปรแกรมเป็นข้อมูลทุก $\frac{1}{4}$ ชั่วโมง และแสดงผลการคำนวณทุก $\frac{1}{4}$ ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้ถูกพิมพ์ผลออกมาทุก $\frac{1}{4}$ ชั่วโมง

เมื่อนำแผงรับแสงอาทิตย์มีพื้นที่ขนาดต่างกันเช่น 7, 8 และ 9 ตารางเมตร ใส่ออกไป ในโปรแกรม TRNSYS แล้ว ผลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม TRNSYS จะให้แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาดพื้นที่ 9 ตารางเมตร เพราะแผงรับแสงอาทิตย์ขนาด 9 ตารางเมตร สามารถให้ค่าอุณหภูมิชั้นบนของเบต ($T(1)=60.16^{\circ}\text{C}$) และค่าอุณหภูมิชั้นล่างของเบต ($TN = 43.70^{\circ}\text{C}$) เป็นค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของเบตในช่วงการนำความร้อนออกใช้งานและให้พลังงานความร้อนจากถึงสะสมความร้อนไปใช้งานได้ประมาณ 41 MJ. และเป็นไปตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

ภาคผนวก จ.1

แสดงไดอะแกรมโปรแกรม TRNSYS ที่ใช้หาขนาดพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์

พร้อมทั้งมีบัตรควบคุมและรายงานผล



รูปที่ ๑.1 ไตอะแกรมการส่งข้อมูลของโปรแกรม TRNSYS สำหรับใช้หาขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์

TRNSYS = A TRANSIENT SIMULATION PROGRAM
 FROM THE SOLAR ENERGY LAB AT THE UNIVERSITY OF WISCONSIN

VERSION 6.2 05/21/75

* 16 HOURS SIMULATION WITH .25 HOURS TIME STEP

SIMULATION 0.000E+00 1.600E+01 2.500E-01

TOLERANCES 1.000E-02 1.000E-02

LIMITS 50 40

UNIT 1 TYPE 9 CARD READER

PARAMETERS 2

2.000E+00 2.500E-01

UNIT 2 TYPE 10 ROCK BED

PARAMETERS 8

1.005E+00 1.200E+00 1.131E+00 3.770E+00 8.700E-01 2.715E+03

1.800E+00 9.360E-02

INPUTS 5

3,1 3,2 0,0 0,0 1,1

2.700E+01 4.311E+02 0.000E+00 0.000E+00 2.700E+01

DERIVATIVES 6

2.700E+01 2.700E+01 2.799E+01 2.700E+01 2.700E+01 2.700E+01

UNIT 3 TYPE 1 MODE 1 COLLECTOR

PARAMETERS 7

1.00E+00 9.000E+00 8.100E-01 1.005E+00 9.000E-01 2.889E+01 6.900E-01

INPUTS 4

8,1 8,2 1,1 4,1

2.700E+00 0.000E+00 2.700E+01 0.000E+00

UNIT 4 TYPE 16 SOLAR RADIATION PROCESSOR

PARAMETERS 7

1.000E+00 7.500E+01 1.400E+01 1.400E+01 0.000E+00 4.871E+03

0.000E+00

INPUTS 1

1,2

0.000E+00

UNIT 5 TYPE 2 COLLECTOR

PARAMETERS 3

1.000E+00 2.000E+00 2.000E+00

INPUTS 3

3,1 2,1 5,1

2.700E+00 2.700E+00 1.000E+00

UNIT 8 TYPE 3 PUMP

PARAMETER 1

4.311E+02

INPUTS 3

2,1 2,2 5,1

2.700E+01 0.000E+00 1.000E+00

UNIT 6 TYPE 24 INTEGRATOR

INPUTS 1

3,3

9.000E+00

UNIT 7 TYPE 25 PRINTER

PARAMETERS 1

2.500E-01

INPUTS 5

2,2 2,1 2,3 6,1 3,1

MT TN T(1) QU TO

END

TRANSIENT SIMULATION STARTING AT TIME = 0.000E+00

STOPPING AT TIME = 1.600E+01

TIME STOP = 2.500E-01

DIFFERENTIAL EQUATION ERROR TOLERANCE = 1.000E-02

ALGEBRAIC CONVERGENCE TOLERANCE = 1.000E-02

TIME = 0.000

MT	TN	T(1)	QU	TO
0.000E+00	2.700E+01	2.700E+01	0.000E+00	2.700E+01

TIME = 2.000

MT	TN	T(1)	QU	TO
0.000E+00	2.700E+01	2.700E+01	0.000E+00	2.710E+01

TIME = 4.000

MT	TN	T(1)	QU	TO
0.000E+00	2.700E+01	2.700E+01	0.000E+00	2.690E+01

TIME = 6.000

MT	TN	T(1)	QU	TO
0.000E+00	2.700E+01	2.700E+01	0.000E+00	2.600E+01

TIME = 8.000

MT	TN	T(1)	QU	TO
4.311E+02	2.699E+01	3.177E+01	3.371E+03	4.139E+01

TIME = 10.000

MT	TN	T(1)	QU	TO
4.311E+02	2.729E+01	4.491E+01	2.046E+04	5.200E+01

TIME = 12.000...

MT	TN	T(1)	QU	TO
4.311E+02	2.990E+01	5.395E+01	4.406E+04	5.837E+01

TIME = 14.000

MT	TN	T(1)	QU	TO
4.311E+02	3.598E+01	5.825E+01	6.709E+04	5.909E+01

TIME = 16.000

MT	TN	T(1)	QU	TO
4.311E+02	4.370E+01	6.016E+01	8.440E+04	6.519E+01

ประวัติผู้เขียน

นายวิเชษฐ์ รัชยพิชิตกุล เกิดวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2501 ที่จังหวัดอุดรธานี
สำเร็จการศึกษาวិชากรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
ปีการศึกษา 2524

