พระบรมราชูปถัมภ์ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การจัดทำโปรแกรมและผลการวิจัย

การจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในสระแสงอาทิตย์ทั้งหมดประกอบด้วยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นใต้สระโดยตรง อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิที่ลดลงเนื่องจากการนำความร้อนออกไปใช้งาน อุณหภูมิที่เกิดขึ้นผลจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากผิวบนของสระ และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเมื่อคิดจากอุณหภูมิเริ่มต้นการทดลอง ซึ่งเมื่อรวมอุณหภูมิทั้งหมดเข้าด้วยกันก็จะได้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นรวมทั้งสิ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อน

3.1 หลักการทำงานของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

ในการจัดทำแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ได้อาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ของ Hershel Weinberger (18) ดังต่อไปนี้.-

สูตรการคำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในสระแสงอาทิตย์รวมทั้งหมดที่ชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ (Storage Zone)

$$T(t) = T_a + T_b + T_c + T_d + T_e \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3.1)$$

สมการหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นโดยตรงในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ (Storage Zone) (สมการ 3.2)

$$T_a(t) = \frac{\sqrt{\alpha/\pi}}{2K} \int_0^t \frac{\phi(h,\tau)}{\sqrt{t-\tau}} \left\{1-\exp\{-h^2/\alpha(t-\tau)\}\right\} d\tau \quad \ldots\ldots \quad (3.2)$$

สมการหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ของน้ำเกลือในสระทั้งหมดรับได้แล้วเก็บสะสมไว้ในชั้นเก็บสะสมใต้สระ (Storage Zone) (สมการ 3.3)

$$T_b(t) = \frac{\sqrt{\alpha/\pi}}{2K} \int_0^h \int_0^t \frac{\partial\phi(x,\tau)}{\partial x} \frac{1}{\sqrt{t-\tau}} \left[\exp\left\{\frac{-(h-x)^2}{4\alpha(t-\tau)}\right\} - \exp\left\{\frac{-(h+x)^2}{4\alpha(t-\tau)}\right\}\right] d\tau . dx \ldots \quad (3.3)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมการหาอุณหภูมิใต้สระที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) ลดลงเนื่องจากการนำความร้อนออกไปใช้งาน (สมการ 3.4)

$$T_c(t) = \frac{\sqrt{\alpha/\pi}}{2K} \int_0^t \frac{-U\tau}{\sqrt{t-\tau}} \left\{1-\exp\{-h^2/\alpha(t-\tau)\}\right\} d\tau \quad \ldots\ldots (3.4)$$

สมการหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นใต้สระที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) จากผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผิวน้ำตอนบนของสระ (สมการ 3.5)

$$T_d(t) = \bar{T}_{2bar}\left(1-\operatorname{erf}\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{x/2\sqrt{\alpha t}}^{R} \bar{T}_{bar}\left(t-\frac{x^2}{4\alpha\nu^2}\right)\exp\left(-\nu^2\right) d\nu \quad \ldots\ldots(3.5)$$

สมการหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นใต้สระที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) เมื่อคิดจากอุณหภูมิเริ่มต้นการทดลอง (สมการ 3.6)

$$T_e(t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi\alpha t}} \int_0^R T_i(x,0) \left[\exp\left\{\frac{-(h-x)^2}{4\alpha t}\right\} - \exp\left\{\frac{-(h+x)^2}{4\alpha t}\right\} \right] dx \quad \ldots\ldots(3.6)$$

ปริมาณการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่น้ำเกลือรับไว้ได้หาได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ โดย Rabl และ Nielson

$$\phi(x,t) = \theta.\phi_0 . \sum_{n=1}^{4} \eta_n . e^{-\mu_n . x}$$

เมื่อ $\phi(x,t)$ = เป็นค่าความเข้มของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ระยะความลึก x เวลา t

θ = เป็นค่าสัมประสิทธิ์การดูดเก็บความร้อนจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์

ϕ_0 = เป็นค่าความเข้มของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผิวน้ำตอนบนของสระ

K = เป็นค่าการนำความร้อนของน้ำเกลือในสระ = 119 คาลอรี่/ชม.วัน.°ซ.

α = เป็นค่าการแพร่กระจายของโมเลกุลของน้ำเกลือ = 128 ซม.^{2} /วัน

ρ = เป็นค่าความหนาแน่นของน้ำเกลือ = 1.11 กก./ม^3.

η_n, μ_n = เป็นค่าคงที่ มีดังนี้.-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ความยาวคลื่น
$\eta_1 = 0.237$, $\mu_1 = 0.32 \times 10^{-3}$ ซม.$^{-1}$	0.2 - 0.6 ไมโครเมตร
$\eta_2 = 0.193$, $\mu_2 = 4.5 \times 10^{-3}$ ซม.$^{-1}$	0.6 - 0.75 ไมโครเมตร
$\eta_3 = 0.167$, $\mu_3 = 0.03$ ซม.$^{-1}$	0.75- 0.9 ไมโครเมตร
$\eta_4 = 0.179$, $\mu_4 = 0.35$ ซม.$^{-1}$	0.9.- 1.2 ไมโครเมตร

ข้อกำหนดการใช้สมการของ Mershel Weinberger (18) มีดังนี้.-

1. คุณสมบัติทางความร้อนของน้ำเกลือได้แก่ ค่าการนำความร้อนของดิน ค่าความหนาแน่นของดิน และค่าความร้อนจำเพาะของดินให้สระมีค่าคงที่
2. ให้ตัดผลที่จะเกิดขึ้นจากการสูญเสียความร้อนออกจากผนังสระทิ้งไป
3. ค่าความเข้มข้นของน้ำเกลือในชั้นไม่มีการพาความร้อน (Non-Convecting Zone) จะต้องมีค่ามากพอที่จะขจัดปัญหาการพาความร้อนออกไปโดยธรรมชาติ
4. ค่าการแผ่รังสีความร้อนทั้งแบบตรงและแบบกระจายให้มีค่าเท่ากันสำหรับ

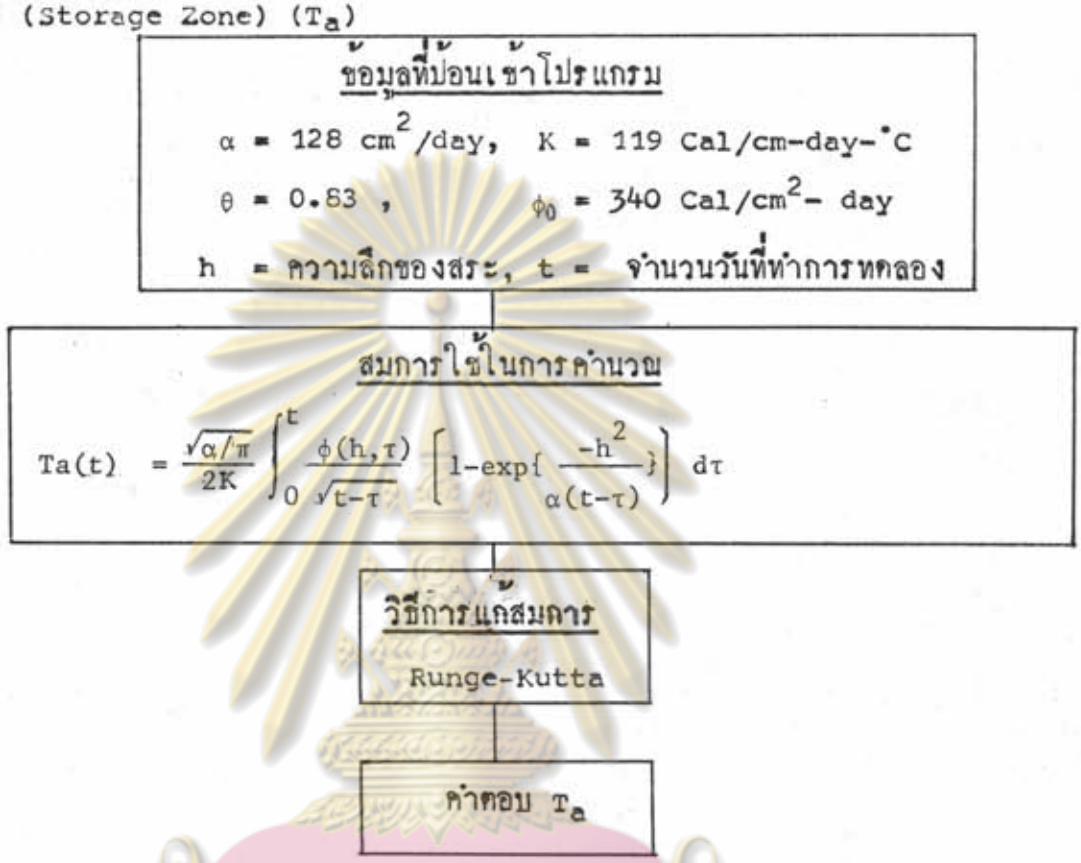
ข้อมูลที่ใส่เข้าไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ของ Mershel Weinberger มีดังนี้.-

1. พลังงานที่ได้จากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน
2. อุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยในแต่ละวัน
3. ปริมาณของพลังงานที่นำออกไปใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 แผนผังแสดงหลักการทำงานของโปรแกรม

3.2.1 โปรแกรมที่ใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นโดยตรงในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ (Storage Zone) (T_a)

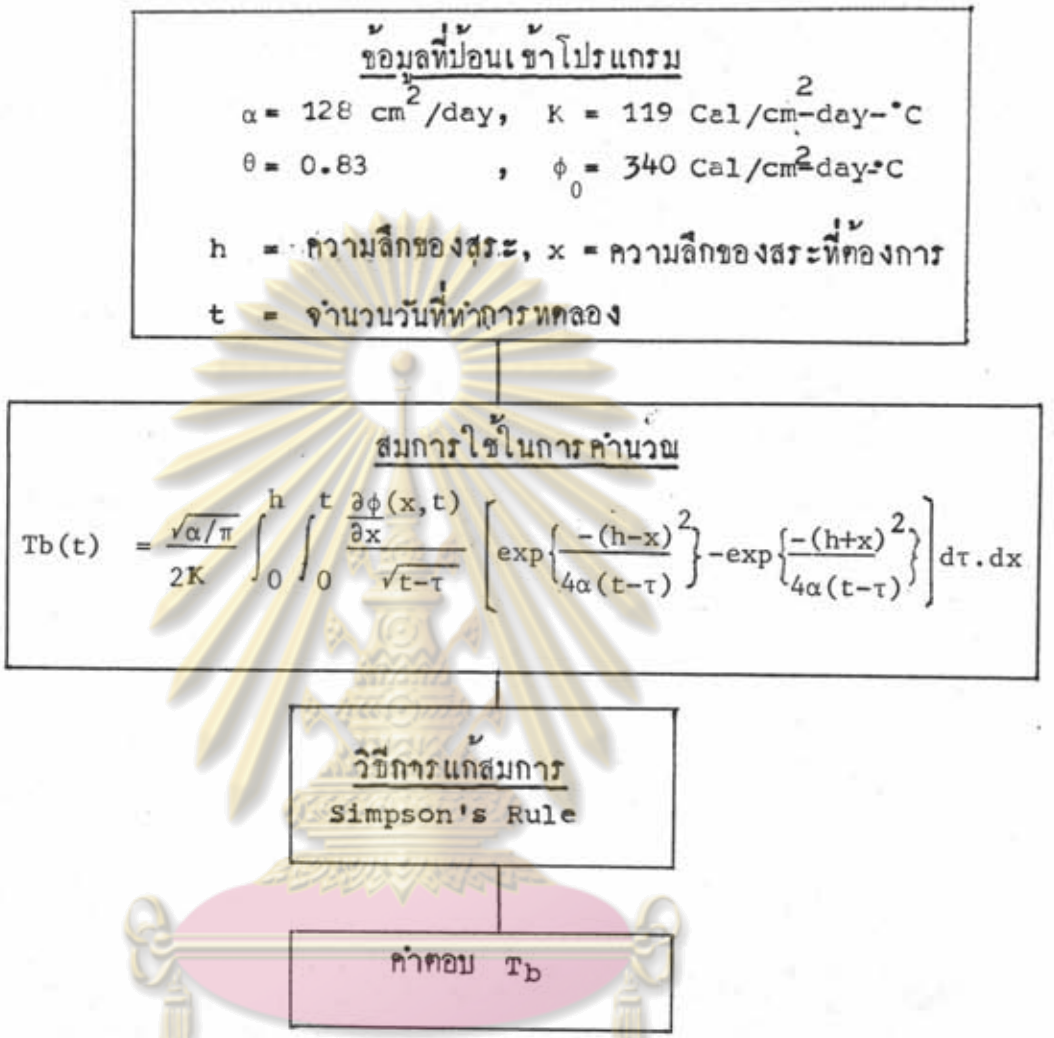


รูปที่ 3.1 หลักการแผนผังโปรแกรมใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นใต้สระโดยตรง (T_a)

การทำงานของโปรแกรมโดยการป้อนข้อมูลเข้าไปในโปรแกรมคือ ค่าการแพร่กระจายของโมเลกุลน้ำเกลือ ค่าการนำความร้อนของน้ำเกลือ ค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวน้ำตอนบน ค่าความลึกของสระและจำนวนวัน ค่าต่าง ๆ นี้จะถูกนำไปคำนวณในสมการและให้คำตอบของสมการออกมาด้วยวิธีการแก้สมการของ Sixth - order Runge-Kutta Method เพราะเป็นวิธีการที่จะให้คำตอบที่ให้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุดและเหมาะที่จะใช้กับสมการหาอุณหภูมิ T_a นี้ ซึ่งเป็นอินทิเกรตชั้นเดียว (Single Integration) พร้อมทั้งนำไปคำนวณหาคำตอบอุณหภูมิ T_c อุณหภูมิ T_d และอุณหภูมิ T_e ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

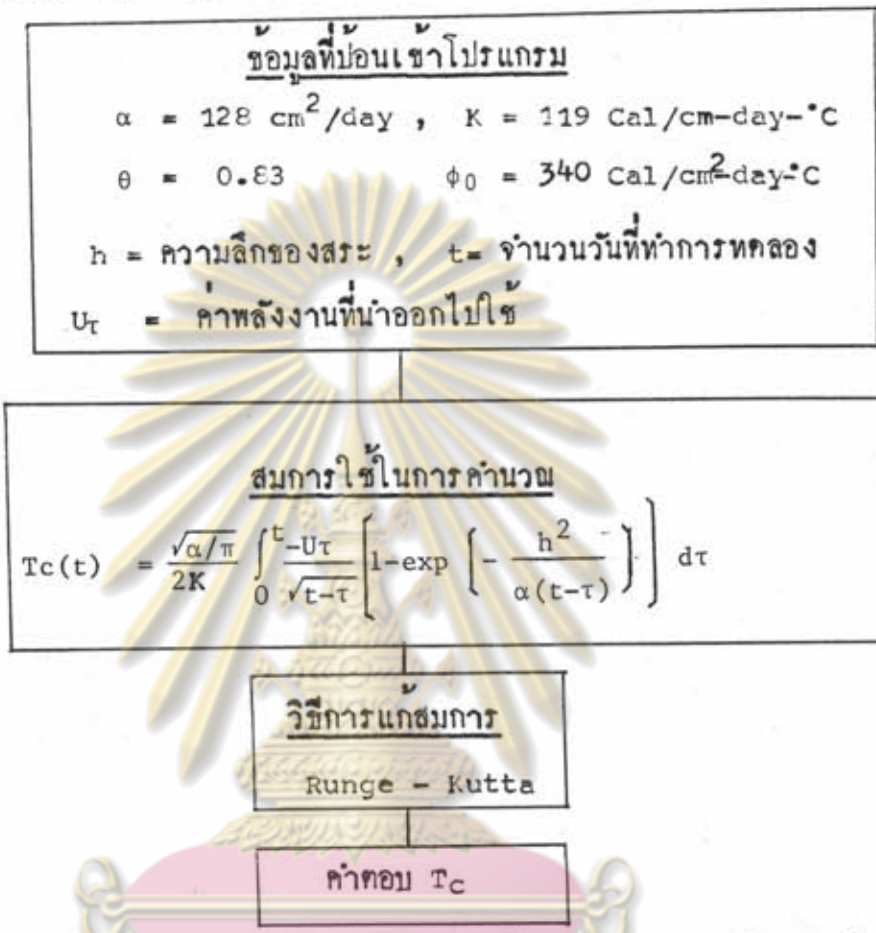
3.2.2 โปรแกรมที่ใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ของน้ำเกลือในสระทั้งหมดรับได้แล้วเก็บสะสมไว้ในชั้นเก็บสะสมใต้สระ (Storage Zone) (T_b)



รูปที่ 3.2 หลักการแผนผังโปรแกรมใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ (T_b)

การทำงานของโปรแกรมด้วยการป้อนข้อมูลเข้าไปในโปรแกรมคือ การแพร่กระจายของโมเลกุลน้ำเกลือ ค่าการนำความร้อนของน้ำเกลือ ค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวน้ำตอนบน ค่าความลึกของสระ ค่าความลึกของสระที่สนใจและจำนวนวัน ค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกนำไปคำนวณในสมการและให้คำตอบของสมการออกมาด้วยวิธีการแก้สมการของ (Simpson's Rule) เนื่องจากสมการหาอุณหภูมิ T_b นี้ เป็นการหาคำตอบจากการอินทิเกรต 2 ชั้น (Double Integration) และมีค่าพาร์เชียลดิฟเฟอเรนเชียลรวมอยู่ด้วยซึ่งยากต่อการที่จะดัดแปลงนำเอาวิธีการ Sixth-order Runge-kutta Method มาใช้ จึงเปลี่ยนมาใช้สมการใหม่ด้วยวิธีการแก้สมการของ Simpson's Rule ซึ่งให้ค่าผิดพลาดน้อยเช่นเดียวกัน

3.2.3 โปรแกรมที่ใช้คำนวณหาอุณหภูมิใต้สระที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) ลดลงเนื่องจากการนำความร้อนออกไปใช้งาน (T_c)

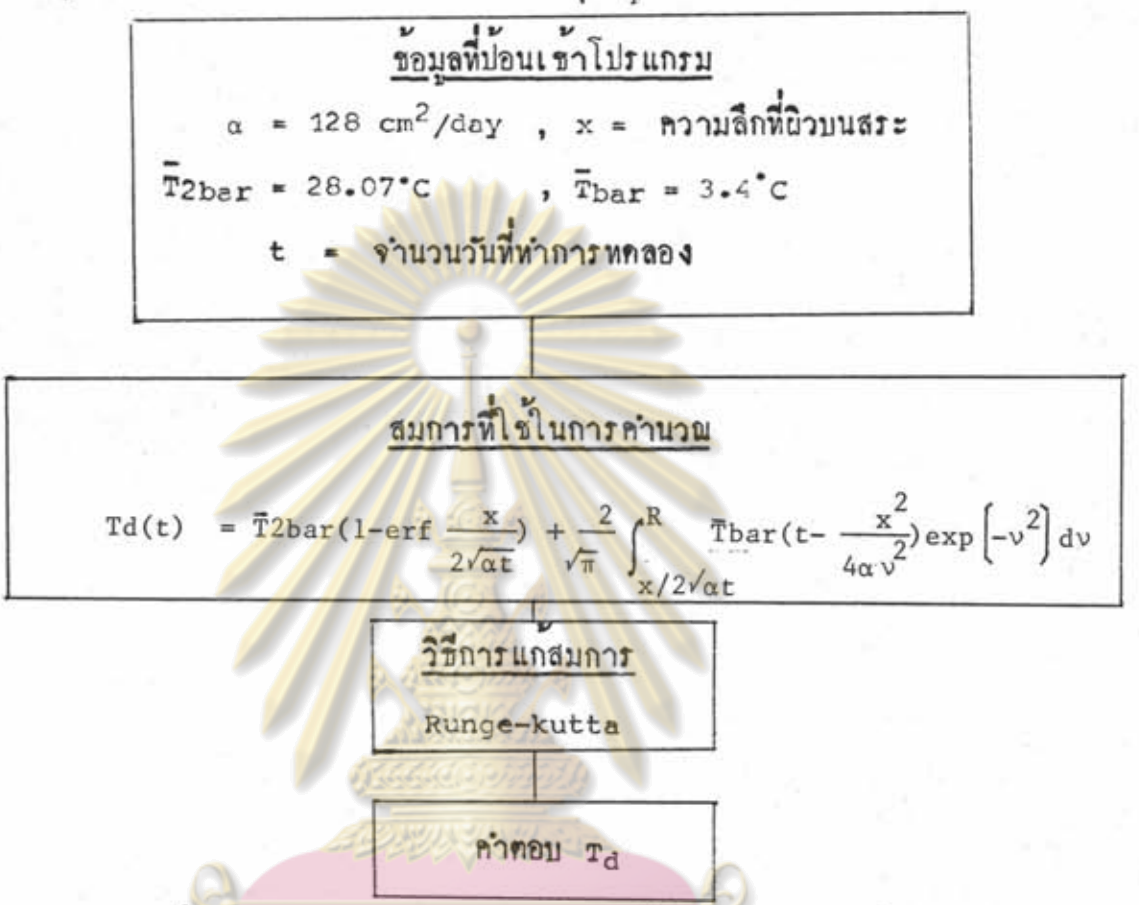


รูปที่ 3.3 หลักการแผนผังโปรแกรมใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่ลดลงเนื่องจากการนำความร้อนออก (T_c)

การทำงานของโปรแกรมด้วยการป้อนข้อมูลเข้าไปในโปรแกรมคือ ค่าการแพร่กระจายของโมเลกุลน้ำเกลือ ค่าการนำความร้อนของน้ำเกลือ ค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวน้ำตอนบน ค่าความลึกของสระ จำนวนวัน และค่าพลังงานที่นำออก ค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกนำไปคำนวณในสมการและให้คำตอบของสมการออกมาด้วยวิธีการแก้สมการของ Sixth-order Runge-Kutta Method ใช้หาคำตอบของอุณหภูมิ T_c

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

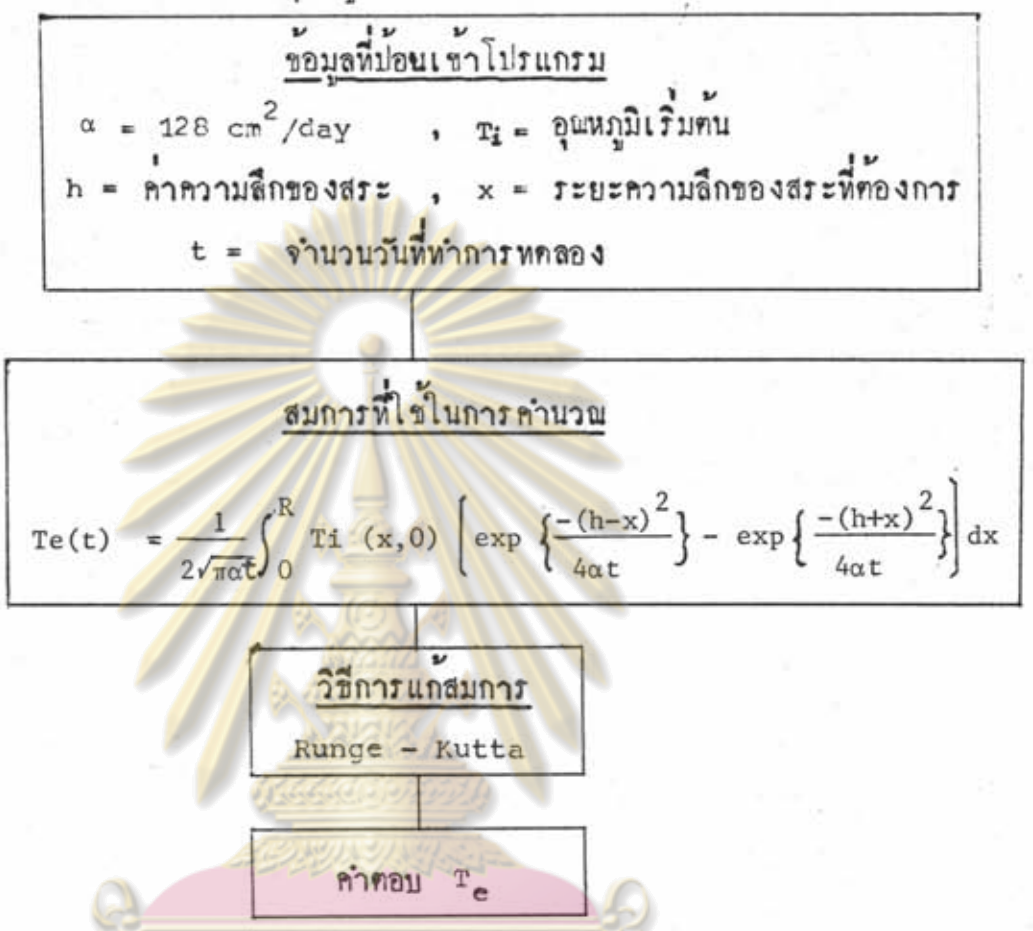
3.2.4 โปรแกรมที่ใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นให้สระที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) จากผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของผิวน้ำตอนบนของสระ (T_d)



รูปที่ 3.4 หลักการแผนผังโปรแกรมใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดจากผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากผิวบนสระ (T_d)

การทำงานของโปรแกรมด้วยการป้อนข้อมูลเข้าไปในโปรแกรมคือ ค่าการแพร่กระจายของโมเลกุลน้ำเกลือ ค่าความลึกสระ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลง ค่าอุณหภูมิความแตกต่างของอุณหภูมิบนสระและจำนวนวัน ค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกนำไปคำนวณในสมการและให้คำตอบของสมการออกมาด้วยวิธีการแก้สมการของ Sixth - order Runge - Kutta Method.

3.2.5 โปรแกรมที่ใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นใต้ระที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) เมื่อคิดจากอุณหภูมิเริ่มต้นการทดลอง (T_e)



รูปที่ 3.5 หลักการแผนผังโปรแกรมใช้คำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากผลของอุณหภูมิที่เริ่มต้นการทดลอง (T_e)

การทำงานของโปรแกรมด้วยการป้อนข้อมูลเข้าไปในโปรแกรม คือ ค่าการแพร่กระจายของโมเลกุลน้ำเกลือ ค่าความลึกสระ ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการทดลอง ค่าระยะความลึกของสระที่สนใจ และจำนวนวัน ค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกนำไปคำนวณในสมการและให้คำตอบของสมการออกมาด้วยวิธีการแก้สมการของ Sixth - order Runge - Kutta Method.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2. แสดงค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในสระแสงอาทิตย์ที่ชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

		จำนวนวันที่ป้อนเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์							
		44 วัน	88 วัน	132 วัน	176 วัน	220 วัน	264 วัน	308 วัน	364 วัน
อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ (°ซ)	T_a (°ซ)	1.4920	3.2966	5.5216	8.3589	12.150	17.572	26.215	55.020
	T_b (°ซ)	0.1844	0.0469	0.0810	0.1253	0.1334	0.9148	0.2473	0.2655
	T_c (°ซ)								
	T_d (°ซ)	7.9292	8.5384	9.7564	10.3652	11.5822	13.406	16.4407	22.4867
	T_e (°ซ)	1.6571	3.4861	4.5110	5.4493	6.5726	8.2605	11.028	15.751
ผลรวมของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในสระแสงอาทิตย์ทั้งหมด (°ซ)	T (°ซ)	11.2627	15.368	19.87	24.2987	30.4382	40.1533	53.931	93.5231
อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมดในชั้นเก็บสะสมความร้อน (°ซ)	T (°ซ)	38.5627*	42.668*	47.17*	51.5987*	57.7382*	67.4533*	81.231*	120.8231*

* รวมอุณหภูมิเริ่มต้นการทดลองของน้ำเกลือในสระซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.3 °ซ.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I15820646

จากตารางที่ 2 แสดงผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในสระแสงอาทิตย์ที่ชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ข้อมูลแสงอาทิตย์ในประเทศไทยตลอดปีซึ่งแบ่งเป็นอุณหภูมิที่เกิดจากส่วนต่าง ๆ ของสระแสงอาทิตย์คือ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นใต้สระโดยตรง (T_a) อุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ (T_b) อุณหภูมิที่สูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนออก (T_c) อุณหภูมิที่เกิดจากผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากผิวบนของสระ (T_d) และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากผลของอุณหภูมิที่เริ่มต้นการทดลอง (T_e) เมื่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์และจำนวนวันที่ได้รับแสงอาทิตย์ของสระ 44 วัน, 88วัน, 132 วัน, 146 วัน, 176 วัน, 220 วัน, 264 วัน, 308 วัน, และ 364 วัน ตามลำดับและผลรวมของอุณหภูมิย่อย ๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาที่สนใจก็คืออุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมดในสระแสงอาทิตย์ (T)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย