

เอกสารอ่านประกอบบทที่ 1

1. บทนำ (Introduction to Water Resources Engineering)

1.1 องค์ประกอบของกลุ่มน้ำหลักและกลุ่มน้ำย่อย: แสดง 25 กลุ่มน้ำในประเทศไทย และยกตัวอย่างกลุ่มน้ำมูล

รายชื่อกลุ่มน้ำ 25 กลุ่มน้ำในประเทศไทย

หมาย เลข	ชื่อลุ่มน้ำ		พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(%)				พื้นที่ป่าไม้ (%)
	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ		1A	1B	2.00	3-5	
ภาคเหนือ								
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	Mae Nam Salawin	17,920	-	-	-	-	75.0
02	ลุ่มน้ำโขง 1	Mae Nam Khong	9,920	-	-	-	-	37.0
03	ลุ่มน้ำแม่กก	Mae Nam Kok	7,895	36.0	4.0	16.0	44.0	34.0
06	ลุ่มน้ำปิง	Mae Nam Ping	33,898	36.0	2.0	14.0	48.0	49.0
07	ลุ่มน้ำวัง	Mae Nam Wang	10,791	23.0	1.0	14.0	62.0	61.0
08	ลุ่มน้ำยม	Mae Nam Yom	23,616	18.0	1.0	13.0	68.0	33.0
09	ลุ่มน้ำน่าน	Mae Nam Nan	34,330	20.0	1.0	18.0	61.0	43.0
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ								
02	ลุ่มน้ำโขง 2	Mae Nam Khong	47,502	-	-	-	-	20.0
04	ลุ่มน้ำชี	Mae Nam Chi	49,477	10.0	1.0	3.0	86.0	14.0
05	ลุ่มน้ำมูล	Mae Nam Mun	69,701	2.0	-	-	-	10.0
ภาคกลาง								
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	Mae Nam Chao Phraya	20,125	1.5	0.1	0.5	98.0	1.5
11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	Mae Nam Sakae Krang	5,190	9.0	0.1	7.0	84.0	28.0
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	Mae Nam Pasak	16,292	11.0	4.0	7.0	78.0	18.0
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	Mae Nam Thachin	13,682	5.5	0.0	1.3	93.0	16.0
ภาคตะวันออก								
15	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	Mae Nam Prachin Biri	10,481	-	-	-	-	22.0
16	ลุ่มน้ำบางปะกง	Mae Nam Bang Prakong	7,978	-	-	-	-	19.5

17	ลุ่มน้ำโตนเลสาบ	Thole Sap	4,150	-	-	-	-	38.0
18	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ตะวันออก	East-Coast Gulf	13,829	-	-	-	-	12.5
ภาคตะวันตก								
14	ลุ่มน้ำแม่กลอง	Mae Nam Mae Klong	30,837	38.0	0.30	14.0	47.7	53.0
19	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	Mae Nam Petchaburi	5,603	43.0	0.04	6.0	50.96	41.0
20	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ตะวันตก	West Coast Gulf	6,745	8.5	0.60	2.6	88.3	43.0
ภาคใต้								
21	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่ง ตะวันออก	Peninsula-East coast	26,352	9.0	2.0	7.6	81.4	13.0
22	ลุ่มน้ำตาปี	Mae Nam Tapi	12,225	11.0	1.6	8.0	79.4	24.0
23	ลุ่มน้ำทะเลสาบ สงขลา	Thale sap Songkhla	8,495	12.0	2.3	9.0	76.7	9.0
24	ลุ่มน้ำปัตตานี	Mae Nam Pattani	3,858	13.0	2.3	6.0	78.7	34.0
25	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่ง ตะวันตก	Peninsula-West coast	21,172	26.0	1.7	21.0	51.0	45.0
รวมทั้งประเทศ								28.0

หมายเหตุ : แบ่งตามคณะกรรมการทางวิชาการของคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ

ที่มา : แผนแม่บทเพื่อการจัดการลุ่มน้ำในประเทศไทย (ฉบับร่าง)

นำเสนอเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2546

### ลุ่มน้ำมูล

ลุ่มน้ำมูลตั้งอยู่ทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 69,700 ตร.กม. (ไม่รวม ลุ่มน้ำชี) มีพื้นที่ครอบคลุม 10 จังหวัด ได้แก่ บุรีรัมย์ สุรินทร์ อุบลราชธานี นครราชสีมา มหาสารคาม ขอนแก่น ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ และอำนาจเจริญ

ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวอยู่ตามแนวทิศตะวันตก – ตะวันออก ตั้งอยู่ ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14 องศา 07 ลิปดา เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 16 องศา 21 ลิปดา เหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 101 องศา 17 ลิปดา ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 105 องศา 38 ลิปดา ตะวันออก

- ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำชี
- ทิศใต้ ติดกับลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำโตนเลสาปและประเทศกัมพูชา
- ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำป่าสัก
- ทิศตะวันออกติด กับแม่น้ำโขง ซึ่งเป็นเขตแดนระหว่างประเทศไทยและประเทศลาว

ทางตอนใต้ของกลุ่มน้ำมีเทือกเขาเป็นแนวยาว ตลอดแนว พื้นที่จะค่อย ๆ ลาดต่ำลงมาทางทิศเหนือ ส่วนทางตะวันออกบริเวณจังหวัดสุรินทร์ และจังหวัด ศรีสะเกษเป็นที่ราบ สภาพโดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่ม สลับเนินเขา แต่ในจังหวัดอุบลราชธานี จะเป็นที่ราบลุ่มสลับลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน แม่น้ำสายหลักคือ แม่น้ำมูลมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาทางตอนใต้ของ จังหวัด นครราชสีมา ก่อนจะไหลลงแม่น้ำโขง ที่อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

กลุ่มน้ำมูลมีลำน้ำสาขาที่สำคัญหลาย สาย ได้แก่

- ลำตะคอง มีต้นกำเนิดจากบริเวณเทือกเขาแดงภูเขาเย็นซึ่งเป็นสันปันน้ำของกลุ่มน้ำมูลและกลุ่มน้ำนครนายก ทางตะวันตกของกลุ่มน้ำ ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำมูลที่บ้านวังมูล อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
  - ลำพระเพลิง มีต้นกำเนิดจากบริเวณสันปันน้ำของกลุ่มน้ำมูลและกลุ่มน้ำนครนายก ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอโขงเจียม จังหวัดนครราชสีมา
  - ลำปลายมาศ มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกำแพงซึ่งกั้นเขตแดนไทย – กัมพูชา ไหลมา บรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา
  - ลำชีมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกำแพงทางตอนใต้ใน จังหวัดบุรีรัมย์ ไหลลงมาบรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์
  - ลำโดมใหญ่ มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาพนมดงรักทางตอนใต้ของอำเภอน้ำเย็น จังหวัดอุบลราชธานี ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี
  - วังโดน้อย มีต้นกำเนิดจากเทือกเขากันเขตแดนไทย – กัมพูชา ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำ มูลที่อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี
  - ลำเซบาย มีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาภูพาน ไหลไปบรรจบกับแม่น้ำ มูลก่อนถึงอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
  - ลำเสียว มีต้นกำเนิดจากที่ราบสูงบริเวณสันปันน้ำระหว่างลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูล มีลำน้ำสาขา คือ ลำเตา
  - ลำเสียวใหญ่ ลำเสียวน้อย ไหลมาบรรจบกันเป็นลำเสียวใหญ่ แล้วไหล มารวมกับห้วยก้ากัวกเป็นลำเสียว ลงแม่น้ำมูลที่อำเภอรามัญไพร จังหวัดศรีสะเกษ
- นอกจากนี้ยังมีลำเชียงไกร ลำสะเทต ลำเซบก ซึ่งมารวมกับแม่น้ำมูลทางฝั่งซ้าย และยังมีห้วยทับทัน ห้วยสำราญ ห้วยขะยุง ซึ่งไหลมารวมกับแม่น้ำมูลทางฝั่งขวาและลำน้ำสาขาสายเล็ก ๆ อีกหลายสาย

จากการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำมูลเป็นลุ่มน้ำย่อยดังที่เสนอในรายงาน "มาตรฐานลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขา" ได้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำมูลเป็น 31 ลุ่มน้ำย่อย ดังนี้

รหัสลุ่มน้ำย่อย	ชื่อลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
05.02	ลำนํ้ามูลตอนบน	2,811
05.03	ลำแซะ	1,197
05.04	ลำพระเพลิง	2,277
05.05	ลำตะคอง	3,536
05.06	ลำเชิงไกร	2,617
05.07	ลำจักราช	1,642
05.08	ลำนางรอง	1,343
05.09	ลำปะเทีย	681
05.10	ลำปลายมาศ	3,987
05.11	ลำนํ้ามูลส่วนที่ 2	4,036
05.12	ห้วยเอ็ก	1,167
05.13	ลำสะเทต	2,496
05.14	ลำพังงู	1,170
05.15	ห้วยตากง	1,537
05.16	ลำชี	4,682
05.17	ลำพลับเพลา	1,100
05.18	ลำเตา	874
05.19	ลำเสียวน้อย	751
05.20	ลำเสียวใหญ่	2,756
05.21	ห้วยทับทัน	3,488
05.22	ลำนํ้ามูลส่วนที่ 3	2,787
05.23	ห้วยสำราญ	3,397
05.24	ห้วยทา	1,497

05.25	ห้วยขยุง	1,866
05.26	ห้วยโพง	939
05.27	ลำเซบาย	3,016
05.28	ลำเซบาย	3,430
05.29	ลำโดมใหญ่	4,698
05.30	ลำน้ำมูลตอนล่าง	1,037
05.31	ห้วยตุงลุง	852
05.32	ลำโดมน้อย	2,032

## 1.2 วัฏจักรน้ำ: แสดงความสำคัญและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของวัฏจักรน้ำ พร้อมทั้งการวัดและการคำนวณหาค่าองค์ประกอบดังกล่าว

### **วัฏจักรน้ำ (Hydrologic Cycle)**

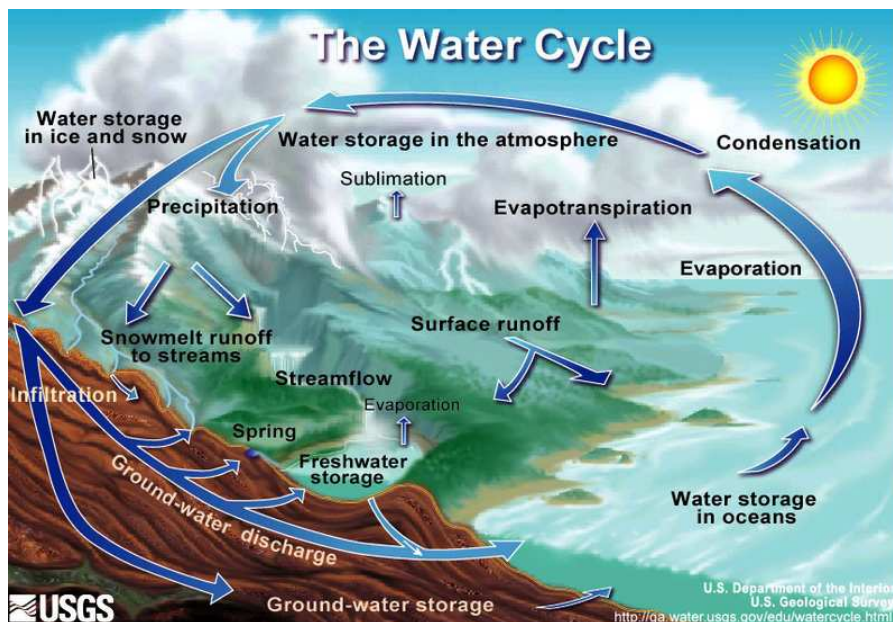
วงจรรูทกวิทยาเป็นศูนย์รวมในการศึกษาทางอุทกวิทยา โดยวงจรรูทกวิทยาเป็นวงจรที่ไม่มีจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดสุดท้ายของกระบวนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในโลก เพราะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เริ่มต้นวงจรจะเห็นได้ว่า น้ำจะมีการระเหย (evaporation) จากทะเล มหาสมุทรและที่สะสมอยู่บนแผ่นดิน เช่น อ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง หรือจากน้ำใต้ผิวดินบางส่วนขึ้นสู่บรรยากาศเป็นไอน้ำ (water vapor) ซึ่งจะมีการลอยตัวขึ้นไปสะสมจนกระทั่งเกิดกระบวนการเดิมอีก โดยจะมีน้ำบางส่วนถูกดัก (interception) จากพืช และมีน้ำบางส่วนตกลงบนผิวดินแล้วเกิดการสะสมเกิดการไหลบนแผ่นดิน (overland flow) แต่ก็มีบางส่วนระเหยและบางส่วนเกิดการคายน้ำ (transpiration) กลับสู่บรรยากาศขณะเดียวกันจะมีน้ำ บางส่วนเกิดการซึม (infiltration) ลงเป็นการไหลใต้ผิวดิน (subsurface flow) ซึ่งจะมีแนวทางไหลซึมสู่แม่น้ำลำคลองเช่นเดียวกับ น้ำท่าผิวดิน (surface runoff) และมีน้ำบางส่วนมีการซึมลึกลงไป (percolation) ระหว่างช่องว่างของเม็ดดินหรือรอยหินแตกลง ไปเป็นน้ำใต้ดิน (groundwater) ซึ่งถ้าน้ำใต้ดินไหลซึมเข้าสู่ลำน้ำจะเรียกน้ำนั้นว่า ลำน้ำให้ (influent stream) นอกจากนี้ยังมีลำน้ำบางแห่งที่เป็นทั้งลำน้ำรับ และลำน้ำให้ ซึ่งท้ายที่สุดแล้ว น้ำใต้ดินมักจะมีแนวการไหลซึมออกสู่แหล่งน้ำ หรือทะเลมหาสมุทรแล้วเกิดการระเหยกลับสู่บรรยากาศหมุนเวียนอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรรูทกวิทยา

ระบบวงจรรูทกวิทยา สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบย่อย คือ ระบบน้ำในบรรยากาศ (atmospheric water system) ประกอบด้วยกระบวนการที่เกิดจากน้ำจากอากาศการระเหย (evaporation) การดัก (interception) และการคายน้ำ (transpiration) ระบบน้ำผิวดิน (surface water system) ประกอบด้วยกระบวนการที่เกิดจากการไหลบนผิวดิน (overland flow) น้ำท่าผิวดิน (surface runoff) การไหลออกของน้ำ

ใต้ผิวดิน และน้ำใต้ดิน (subsurface and groundwater outflow) การไหลในแม่น้ำ และ น้ำในทะเลมหาสมุทร ระบบน้ำใต้ผิวดิน (subsurface water system) ประกอบด้วย กระบวนการซึม (infiltration) การเติมน้ำใต้ดิน (groundwater recharge) การไหลใต้ผิวดิน และการไหลของน้ำใต้ดิน

นอกจากนี้สามารถกล่าวได้ว่า วัฏจักรน้ำ คือการเคลื่อนย้ายของน้ำ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง หรือจากระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่ง โดยอาจเปลี่ยนสถานะ (ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ) หรือไม่เปลี่ยนสถานะก็ได้ ซึ่งในที่สุดก็จะหมุนเวียนกลับมาสู่ที่เดิม หรือระบบเดิม

วัฏจักรน้ำที่สมบูรณ์ที่สุด โดยเริ่มจากเมฆ (cloud) -> ฝน (precipitation) -> การดัก (interception) -> การตกผ่าน (through fall) -> การไหลบ่า (overland flow) -> การไหลในลำน้ำ (stream flow) -> การแทรกซึม (infiltration) -> การซึมลึก (percolation) -> การซึมออก (exfiltration) -> การคายระเหย (evaporation) -> เมฆ (cloud) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วัฏจักรน้ำ

(ที่มา [http://hydromet.tmd.go.th/hydro\\_knowledges\\_detail.php?id=1](http://hydromet.tmd.go.th/hydro_knowledges_detail.php?id=1) )

วัฏจักรน้ำประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนกระบวนการ (process) และส่วนการเก็บกัก (storage)

ส่วนกระบวนการ คือ การเคลื่อนย้ายของน้ำจากการเก็บกักหนึ่งไปยังการเก็บกักอีกอันหนึ่ง เช่น ฝน กล่าวคือกระบวนการ การเคลื่อนย้ายของน้ำจากบรรยากาศ (การเก็บกักที่ 1) สู่ผิวดิน (การเก็บกักที่ 2) หรือ การแทรกซึม (infiltration) คือกระบวนการ เคลื่อนย้ายของน้ำจากผิวดิน (การเก็บกักที่ 1) สู่ชั้นใต้ผิวดิน (การเก็บกักที่ 2)

เวลาดำรงอยู่ของน้ำ (time of residence) คือ ช่วงเวลาเฉลี่ยที่อนุภาคของน้ำแต่ละอนุภาคดำรงอยู่ใน storage ที่เรากำลังพิจารณา เช่นเวลาดำรงอยู่ของน้ำในบรรยากาศ (time of residence for atmospheric water) คือ ช่วงเวลาเฉลี่ยของอนุภาคน้ำตั้งแต่ระเหย กลายเป็นไอน้ำ จนกระทั่งกลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน

การทราบค่าช่วงเวลาดำรงอยู่ของน้ำ ช่วยในการแก้ปัญหาต่างๆ ด้านแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม อาทิ เช่น การแก้ปัญหาหน้าแล้ง ในแหล่งน้ำต่างๆ เราต้องการทราบเวลาดำรงอยู่ของน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ เพื่อการคำนวณระยะเวลาการฟื้นฟูแหล่งน้ำดังกล่าวหรือ การแก้ปัญหาน้ำท่วม เราต้องทราบเวลาดำรงอยู่ของน้ำในบริเวณน้ำท่วม เพื่อการคำนวณระยะเวลาการช่วยเหลือ

### ความชื้นในบรรยากาศ (Atmospheric Moisture)

ความชื้นทุกชนิดที่มนุษย์เกี่ยวข้องอยู่โดยทางปฏิบัติ สันนิษฐานว่าเริ่มต้นมาจากความชื้นในบรรยากาศ ที่เป็นจุดเริ่มต้น ที่จะสะดวกในการตามหาเส้นทางวัฏจักรของน้ำให้ครบวงจร ความชื้นในบรรยากาศ เพราะกระบวนการระเหยจากดินหรือผิวดิน เมฆและหมอกเกิดขึ้นโดยการกลั่นตัวของไอน้ำที่เกาะตัว บนอนุภาคเล็กๆ ในบรรยากาศ เช่น อนุภาค ของเกลือหรือฝุ่น

### น้ำจากอากาศ (Precipitation)

เมื่อไอน้ำในอากาศถูกความเย็นทำให้เกิดการกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ เมื่อรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ พวกมัน ก็จะตกลงมาในรูปของ "ฝน" ถ้าเม็ดฝนนั้นตกผ่านโซน ต่าง ๆ ของอุณหภูมิจนถึงขนาดใหญ่มากกว่าจุดเยือกแข็ง ก็จะกลายเป็นลูกเห็บ ถ้าการกลั่นตัวนั้นเกิดขึ้นในที่ซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งมันก็จะก่อตัวเป็นหิมะ ถ้าการกลั่นตัวของน้ำเกิดขึ้นโดยตรงบนผิวน้ำที่เย็นกว่าอากาศ ก็จะเกิดเป็นได้ทั้งน้ำค้างแข็ง ขึ้นอยู่กับว่า อุณหภูมิของผิวน้ำนั้นสูง หรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

### น้ำจากอากาศ ที่ไม่ได้ตกลงถึงพื้นดิน

บางส่วนของน้ำจากอากาศจะระเหยไปในระหว่างที่ตกลงมา บางส่วนก็ถูกดูดซับไว้โดย ต้นพืช และจะระเหยขึ้นสู่ บรรยากาศในภายหลัง กระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า กระบวนการน้ำพืชยึด (Interception) ซึ่งในส่วนนี้อาจจะเป็นปริมาณน้ำจากอากาศทั้งหมดก็ได้

### น้ำจากอากาศที่ตกลงถึงพื้น (Net Precipitation)

ส่วนของน้ำที่ตกลงถึงพื้น จะมีบางส่วนไหลซึมลงสู่พื้นดิน ส่วนหนึ่งไหลไปบนพื้นดิน และบางส่วนระเหยไปหรือถูก พืชคายกลับคืนสู่บรรยากาศ

### การซึมลงดิน (Infiltration)

ฝนหรือหิมะที่ละลายในตอนแรกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความชื้นให้กับผิวดินก่อน จากนั้นก็จะเคลื่อนเข้าสู่ช่องว่างที่มีอยู่ในเนื้อดิน กระบวนการนี้เรียกว่าการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration) สัดส่วนต่าง ๆ ของน้ำก็จะถูกจัดการต่างกันไปตามลักษณะช่องเปิดของผิวดิน อุณหภูมิ รวมถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินก่อนหน้านี้แล้ว ถ้าหากผิวดินจับตัวแข็ง หรืออิ่มน้ำอยู่ก่อนแล้ว มันก็จะรับน้ำใหม่เข้าไปเพิ่มได้เพียงเล็กน้อย น้ำทั้งหมดก็จะถูกดูดซึม บางส่วนจะไหลซึมลงไป เป็นส่วนของน้ำใต้ดิน บางส่วนถูกพืชดูดไปใช้ประโยชน์แล้วคายระเหย คืนสู่บรรยากาศ บางส่วนถูกบังคับให้ระเหย ไปด้วย แรงยึดเหนี่ยว (Capillary) ของช่องว่างในดิน ในภูมิประเทศที่มีความลาดเท และชั้นผิวดินบางส่วน น้ำที่ถูกดูดซึม อาจไหลย้อนสู่ผิวดินได้ โดยการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เรียกว่าน้ำไหลใต้ผิวดิน (Sub-surface runoff)

### **การไหลของน้ำบนผิวดิน (Surface Runoff)**

เมื่อน้ำฝนที่ตกลงมามีมากเกินไปจนจะไหลซึมลงไปในดินได้หมด ก็จะกลายเป็นน้ำป่า น้ำผิวดินหรือน้ำท่า เมื่อมันไหล ไปเติมพื้นที่ที่เป็นแอ่งลุ่มต่ำจนเต็มแล้ว มันก็จะไหลไปบนผิวดินต่อไป จนไปบรรจบกับระบบร่องน้ำในที่สุด แล้วก็ไหลตาม เส้นทางของลำน้ำ จนกระทั่งลงสู่มหาสมุทร หรือแหล่งน้ำ ในแผ่นดิน บางแห่งในระหว่างทางนี้มันก็จะสูญเสียไปด้วยการระเหย สู่บรรยากาศ และการไหลซึมลงตามของตลิ่งและท้องน้ำ ซึ่งในส่วนนี้อาจจะเป็นไปได้ ตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 100 % ของจำนวนทั้งหมด

### **การระเหยบนผิวดิน (Ground Evaporation)**

บางส่วนของน้ำฝนจะถูกเก็บกักไว้บนผิวดินในลักษณะของความชื้นในดิน หรือแอ่งน้ำขังตามทีลุ่มน้ำ

### **การระเหย (Evaporation)**

น้ำในสถานะของเหลว เมื่อถูกความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือแหล่งอื่นจะเปลี่ยนไปสู่สถานะก๊าซ หรือเรียก ปรากฏการณ์นี้ว่า "การระเหย"

### **การระเหยจากน้ำและจากผิวดิน**

จากจำนวนน้ำจากอากาศทั้งหมดที่ตกลงมา ส่วนใหญ่จะตกลงโดยตรงสู่พื้นมหาสมุทรทะเลสาบขนาดใหญ่ ในแผ่นดิน แหล่งน้ำบนดินอื่น ๆ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ส่วนที่ตกลงในมหาสมุทรเมื่อรวมกับน้ำท่าที่ไหลกลับคืนมา จะทำให้เกิดความสมดุลของน้ำที่มั่นคงและแสดงหลักฐานโดยระดับน้ำทะเลคงที่ น้ำหลายส่วนก็ระเหยจากผิวน้ำ กลับสู่บรรยากาศและกลายเป็นส่วนหนึ่งของความชื้นในบรรยากาศในทะเล และพื้นที่ตอนเหนือของเขตอบอุ่น การระเหยจากน้ำและจากผิวดินมีความถี่น้อยกว่าน้ำจากอากาศ แต่ว่าส่วนเกินของมันก็จะไหลกลับคืนสู่มหาสมุทร ที่มันระเหยออกมาเช่นเดิม ในเขตอื่น ๆ นั้น การระเหยจากผิวน้ำมักจะเท่ากับหรือมากกว่าน้ำจากอากาศที่ตกลงบนแหล่งน้ำนั้น



### การคายน้ำของพืช (Transpiration)

หน้าที่พื้นฐานอย่างหนึ่งในกระบวนการดำเนินชีวิตของพืช ก็คือการนำเอาน้ำจากในดินผ่านเข้ามาทางระบบราก ใช้ประโยชน์ในการสร้างความเจริญเติบโตและการดำรงชีพ น้ำจะถูกปล่อยคืนสู่บรรยากาศทางรูพรุน ที่ปากใบในรูปของไอน้ำกระบวนการคืนความชื้นของดินให้แก่บรรยากาศนี้เรียกว่า การคายน้ำ (transpiration) ปริมาณของหยดน้ำจากอากาศที่กลั่นคืนสู่ บรรยากาศนี้จะมากน้อยต่างกันไปตามลักษณะของพืช และความชื้นที่มีอยู่บริเวณระบบรากของ

### น้ำใต้ดิน (Ground water)

ส่วนของหยดน้ำฟ้าที่ไหลซึมผ่านผิวดินลงไป ถ้าไม่ถูกดูดซับเอาไว้ทดแทนความชื้น ที่ขาดไปของชั้นดิน หรือโดยชั้นหินที่มีรูพรุน น้ำจำนวนนี้จะซึมลึกลงไปจนถึงระดับอิ่มตัวอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า ระดับน้ำใต้ดิน (ground water table) ความลาดเอียงและโครงสร้างที่จำกัดขอบเขตของน้ำใต้ดิน อาจช่วยป้องกันไม่ให้มันถูกปล่อยออกมาอย่างทันทีทันใดหรือบางครั้งแหล่งน้ำใต้ดิน อาจมีส่วนที่เชื่อมต่อกับท้องแม่น้ำ ทำให้มีบางส่วนของน้ำไหลคืนสู่แหล่งน้ำบนดินอีกครั้ง น้ำใต้ดินอาจจะไหลผ่านไปในชั้นหินที่มีรูพรุนและลงไปถึงระดับที่ถูกบีบล้อมด้วยดินที่แน่นกว่ากลายเป็นถูกอัดด้วยแรงดัน ถ้าบ่อเจาะลงไปถึงระดับนี้ก็อาจเป็นบ่อน้ำบาดาลเช่นกัน ในชั้นที่มีความกดดันเดียวกันนี้ อาจมีส่วนติดต่อกับบริเวณท้องมหาสมุทรและปล่อยน้ำออกสู่ทะเล ดังนั้นจากความชื้นในบรรยากาศ ดังที่อธิบายถึงการเริ่มต้นของวัฏจักรก็จะดำเนินไปตามวิถีทางที่มีความยาวนาน และความสลับซับซ้อนต่าง ๆ กันไปก่อนที่มันบรรจบครบวงจร

### 1.3 สมดุลน้ำ: แสดงความสำคัญ ความสัมพันธ์ และการคำนวณของสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำและในพื้นที่ลุ่มน้ำ พร้อมทั้งแสดงประโยชน์ต่อการจัดการน้ำ

In hydrological cycle, water is always in movement and the hydrological cycle is described by the continuous movement of water on, above and below the Earth's surface. There is no beginning or end in the hydrological cycle because it is truly a cycle. Water is evaporated from the land and ocean by the latent heat and the water vapor rises. Thereafter, it condenses into clouds and they will be rain. The rain hits the ground and part runs off, part infiltrates into the ground, and part evaporates back up into the sky. The water from soil will be taken by the plants and vegetation and the water will be released into the air through transpiration. Other parts of the ground water enter streams and flows onto the surface. Eventually, the surface water that runs off in streams, towards the ocean, will be evaporated and continued the cycle. To concern the amount of water in the hydrological cycle, the concept of the water budget is considered [8], [9].

The water balance concerns the amount of water entering a system (through rainfall and river and groundwater flows) and the amount leaving a system (through evaporation, plant transpiration and river and groundwater flows) as presented in Figure 2.

The water balance may be expressed as following equation

$$(P + Q_{si} + Q_{ssi}) - (ET + Q_{so} + Q_{sso}) = \Delta S$$

where  $P$  is rainfall (MCM),  $Q_{si}$  is surface inflow (MCM),  $Q_{ssi}$  is subsurface inflow (MCM),  $ET$  is evapotranspiration (MCM),  $Q_{so}$  is surface outflow (MCM),  $Q_{sso}$  is subsurface outflow (MCM), and  $\Delta S$  is change in storage within the domain that consists of change in surface water, subsurface water and percolation.

For this study, the domain of interest at each site represents a sub-basin that consists of agricultural, municipal, industrial and forest uses of water. The size of each sub-basin is sufficient to analyze separately from the entire basin in which it is located. The time period of interest is from January to December in 2002.

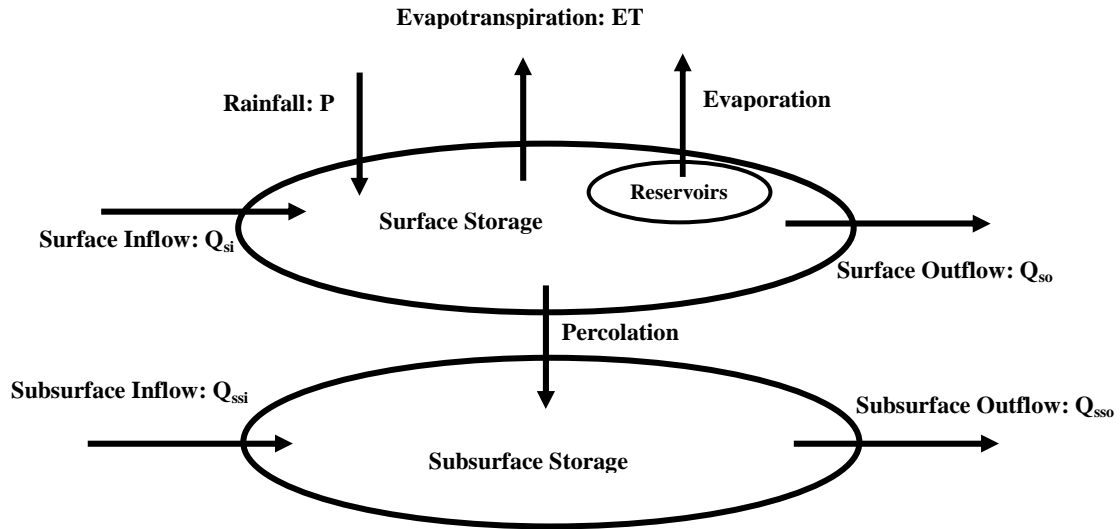


Figure 2 The components of water balance concept

To compute water balance in eight sub-basins, Ping, Wang, Yom, Nan, Sakae Krang, and Pasak sub-basin were thought as the upper sub-basin because they are included no surface inflow at the apex of their sub-basins. Water balance in Wang sub-basin was firstly computed to determine subsurface outflows and the change in storage for each month. The subsurface and surface outflows of this sub-basin were side flow entering Ping sub-basin. Water balance in Ping sub-basin was then calculated to concern subsurface outflows and the change in storage. Thereafter, the water balance in Yom, Nan, Sakae Krang, and Pasak sub-basin were also calculated to obtain subsurface outflows and the change in storage for each sub-basin. Finally, subsurface and surface outflows from Ping, Yom, Nan, Sakae Krang, and Pasak sub-basin were inflow entering Chao Phraya sub-basin. For surface inflow entering Tha Chin sub-basin, water was diverted from Chao Phraya sub-basin. Since it's difficult to separate subsurface inflow between Tha Chin and Chao Phraya sub-basin, water balance of these two sub-basins was calculated together. Then, surface outflow and the change in storage of two sub-basins were results.

In the upper watersheds, the surface inflow ( $Q_{si}$ ) and the subsurface inflow ( $Q_{ssi}$ ) equals to zero. The rainfall was derived from meteorological data and TRMM (3B42 V6) image while the actual evapotranspiration was derived from MODIS satellite imagery, as well as from meteorological data. This actual evapotranspiration was for non-irrigated, irrigated and forest area. However, it can be presented the evaporation from reservoirs and bare soil. The surface outflow ( $Q_{so}$ ) was obtained from existing stream gauging records that are consisted of P17, W4A, Y17, N10A, CT8, and S2 station for Ping, Wang, Yom, Nan, Sakae Krang, and Pasak sub-basin, respectively. For surface outflow of Chao Phraya and Tha Chin sub-basin, Molle (2001) said that, to control the intrusion of saline water, minimum flows for the Chao Phraya and Tha Chin Rivers are respectively 50 and 35  $m^3/s$ . Also, the main difficulty is that the discharge of the Chao Phraya and Tha Chin Rivers at its mouth cannot be easily measured because of the effect of tidal. Then, minimum flows (50 and 35  $m^3/s$ ) are used in this study. The subsurface outflows ( $Q_{sso}$ ) and the change in storage ( $\Delta S$ ) were derive by the concept of trial and error under the condition assumed that annual change in storage for each sub-basin equal to zero because storage value recovers close to zero at the beginning of each year. Since the subsurface water and the change in storage are

results of this computation, it's important to validate the significance level of these results using the statistical significance.

**1.4 แนวทางการวางแผนการจัดการน้ำ: แสดงความจำเป็นในการวางแผน กระบวนการวางแผน เทคนิคการวางแผน และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ต่อการวางแผน**

(Chapter 11 Integrated Resources Planning ที่ได้ถ่ายทอดมาให้)

**1.5 แนวทางการบริหารจัดการน้ำ: แสดงวิธีการ หลักการในการบริหารจัดการน้ำ เพื่อลดความขัดแย้งระหว่างผู้ใช้น้ำภายในพื้นที่**

(ดูใน PowerPoint ที่สอน)