

การประยุกต์ใช้ขวดพลาสติกใช้แล้วเพื่อวัดน้ำฝน

AN APPLICATION OF USED PLASTIC BOTTLE
FOR RAINFALL MEASUREMENT

วันชัย วิจารณ์*

Vanchai Viranant*

บทคัดย่อ

การศึกษาการประยุกต์ใช้ขวดพลาสติกใช้แล้วเพื่อการตรวจวัดน้ำฝน ได้จัดทำขึ้นในระหว่างปี 2536-2537 ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ ตามพระราชดำริ อำเภอค้อยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องวัดน้ำฝนที่ดัดแปลงจากขวดพลาสติกน้ำดื่มใช้แล้วรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว (R_2) และ 3 นิ้ว (R_3) ได้นำไปติดตั้งที่สถานีตรวจอากาศ ให้เครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว (R_8) เป็นจุดศูนย์กลาง โดยรอบรัศมี 50 เซนติเมตรวางเครื่องวัดน้ำฝนทั้ง 2 ขนาดสลับคู่กันไประยะห่าง 10 เซนติเมตร ใน 4 ทิศทางคือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตก จำนวนเครื่องวัดน้ำฝนทิศทางละ 50 เครื่อง รวมเครื่องวัดน้ำฝนทั้ง 2 ขนาดจำนวน 200 เครื่อง ทำการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนรายวันของทั้ง 2 ปี จำนวน 93 storms ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนที่ได้จากเครื่องวัดทั้ง 2 ขนาดกับเครื่องวัดมาตรฐาน การคาดคะเนปริมาณฝนได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝน R_8 กับ R_2 หรือ R_3 จากการศึกษาพบว่าปริมาณฝน R_2 , R_3 และ R_8 ในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ การคาดคะเนปริมาณฝนด้วยการประยุกต์ใช้ขวดพลาสติก R_2 หรือ R_3 แทนเครื่องวัดมาตรฐาน R_8 อยู่ในรูปความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) สูงถึง 99% แต่ความถูกต้องของการคาดคะเนที่ระดับข้อผิดพลาด $\pm 2SE$ อยู่ในช่วง 91-98% ของจำนวนครั้งที่ฝนตก อนึ่งเนื่องจากธรรมชาติของฝนมีความผันแปรในแต่ละปี ดังนั้น ความสัมพันธ์ที่ได้จะมีความน่าเชื่อถือเฉพาะปีที่ทำการเก็บข้อมูลเท่านั้น

ABSTRACT

An application of used plastic bottles for rainfall measurement was conducted at Huai Hong Khrai Royal Development Study Center, Doi Saket, Chiang Mai Province. Pairs of 25 modified used plastic bottle funnels 2" (R_2) and 3" (R_3) diameter raingage were installed around the standard 8" (R_8) diameter raingage in four directions (North, East, West, and South) within the radius of 50 cm. The modified raingages in each direction were 50, totally 200 raingages. The difference among rainfall amount of R_8 , R_2 , and R_3 were obtained by means of ANOVA and formulated in terms of correlation analysis. It was found that the annual rainfall observed among different raingages were nonsignificant. According to the complexity of rainfall characteristics, only annual relationship can be applied and even the

* นักวิชาการป่าไม้ กลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กทม.10900

coefficient of determination (R^2) was as high as 99%, but incompletely accepted at the level of $\pm 2SE$. The acceptable estimation ranges were 91-98% of the total storm rainfall.

คำนำ

การวัดน้ำฝนได้มีการพัฒนาการตั้งแต่สมัยโบราณ เพื่อต้องการทราบปริมาณฝนที่ตกในแต่ละครั้งว่ามีมากน้อยเพียงใด ประเทศไทยในอดีตกาลใช้ขนาดของเครื่องมือวัดเป็นปริมาณของฝนที่ตก เช่น จำนวนตุ้ม จำนวนโอง หรือจำนวนห้า (น้ำฝนเต็มบาตรพระเท่ากับ 1 ห้า) สำหรับในต่างประเทศได้มีการวัดน้ำฝนเป็นครั้งแรกที่ประเทศเกาหลี โดยทำการวัดน้ำฝนคิดเป็นหน่วยความสูงต่อพื้นที่ โดยทฤษฎีแล้วการวัดปริมาณฝนจะคิดเป็นความสูงของน้ำที่สะสมบนพื้นผิวราบ ณ จุดที่ฝนตก ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าไม่มีการสูญหายไปในรูปแบบใดๆ และมักนิยมใช้หน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร โดยที่ปริมาณฝนตก 1 มิลลิเมตร บนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะเท่ากับปริมาณน้ำคิดเป็นปริมาตร 1,000 ซีซี หรือ ปริมาณน้ำ 1 ลิตร รูปร่างของเครื่องมือวัดมักเป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 นิ้ว ถึง 24 นิ้ว ที่ใช้กันทั่วไปจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว และ 8 นิ้ว โดยถือว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้วเป็นมาตรฐาน (เกษม, 2539) อย่างไรก็ตาม Mannaerts (1991) ได้ให้ความเห็นว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเครื่องมือวัดฝนในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศทางด้านลักษณะการตกของฝน ตลอดจนช่วงระยะเวลาที่ฝนตก ปัจจัยเหล่านี้ทำให้การกำหนดมาตรฐานของแต่ละประเทศเช่น อังกฤษ อเมริกา รัสเซีย และเยอรมัน แตกต่างกัน

การตรวจวัดปริมาณฝนถือได้ว่า เป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรก เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการ

วางแผนงานด้านต่างๆ โดยเฉพาะการวางแผนงานปลูกป่า การเกษตรกรรม และการจัดการทรัพยากรน้ำ ข้อผิดพลาดในการวัดน้ำฝนจะเนื่องมาจากการระเหย น้ำเกาะตามเครื่องวัดสีของเครื่องวัดมุมเอียงของฝนที่ตก และอื่นๆ แต่ข้อผิดพลาดที่เกิดจากขนาดของเครื่องวัดนั้นมีน้อยมาก (Kurytha, 1953) ปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่เสมอคือจำนวนเครื่องวัดไม่พอเพียง เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ หรือความเสียหายที่เกิดจากการรบกวนของสัตว์เลื้อย หรือบุคคลอื่นที่สูญเสียผลประโยชน์จากการปฏิบัติงานตามหน้าที่ของหน่วยงานสนาม แนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้ด้วยการนำวัสดุเหลือใช้ที่หาได้ง่ายและสามารถทำการตรวจวัดปริมาณฝนได้อย่างไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐาน จากเหตุผลดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำขวดพลาสติกใช้แล้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว และ 3 นิ้วมาตรวจวัดปริมาณฝน ทั้งนี้คาดหวังว่าจะสามารถเพิ่มจำนวนเครื่องวัดน้ำฝนให้กระจายไปตามพื้นที่ต่างๆ ได้อย่างเพียงพอต่อการเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา โดยมีความเชื่อมั่นในฐานข้อมูลที่ตรวจวัดได้เพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำขวดพลาสติกใช้แล้วรูปทรงกระบอกสำหรับบรรจุน้ำดื่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว (R_2) และ 3 นิ้ว (R_3) ใช้มีดตัดตรงจุดที่วัดจากปากขวดลงมาประมาณ 10 ซม. เพื่อใช้เป็นปากรองรับน้ำฝน นำส่วนที่เป็นปากขวดเชื่อมต่อด้วยท่อสายยางกับปากขวดแก้วสำหรับเก็บน้ำฝน ใช้ไม้แผ่น

เจาะรูโดยสอดสายยางลงไปเพื่อบังคับท่อสายยางให้เป็นลักษณะคล้ายคอคอดเพื่อป้องกันการสูญเสียจากกระเหย ความสูงจากพื้นถึงปากเครื่องวัดทุกอันเท่ากับ ความสูงของเครื่องวัดมาตรฐานคือ 80 เซนติเมตร โดยใช้ราวไม้ยึดติดกับเสาตามความสูงที่กำหนด ทำการยึดติดห่อที่ทำจากท่อแอสตรอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว และ 3 นิ้วไว้กับราวไม้ สอดเครื่องวัดน้ำฝนลงไปตามขนาดของห่อโดยมีห่อขนาดเล็กอยู่ตอนล่างเพื่อรองรับและบังคับปากกรองรับน้ำฝนให้ตั้งอยู่ในแนวตั้งดังแสดงใน Figure 1 นำเครื่องมือที่ประกอบแล้วเสร็จไปติดตั้งที่สถานีตรวจอากาศ ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ ตามพระราชดำริ อำเภอคอสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ทำการบันทึกปริมาณฝนรายวันของทั้ง 2 ปี จำนวน 93 storms ในระหว่างปี พ.ศ.2536-2537 ให้เครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐาน (8" standard rain gauge: R_8) เป็นจุดศูนย์กลางวางเครื่องวัดน้ำฝนทั้ง 2 ขนาดสลับคู่กันไปใน 4 ทิศทาง คือ เหนือ ใต้ ตะวันออกและตะวันตก ระยะห่างจากเครื่องวัดมาตรฐาน 50 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างคู่ของเครื่องวัดเท่ากับ 10 เซนติเมตร จำนวนเครื่องวัดในแต่ละขนาดและในแต่ละทิศทางเท่ากับ 25 เครื่อง ดังนั้นจะมีเครื่องวัดในแต่ละขนาด 100 เครื่อง รวมทั้งหมด 200 เครื่อง (Figure 2)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลฝนที่บันทึกไว้ในช่วงระยะเวลาการศึกษา 2 ปี คือปี 2536 จำนวน 46 storms และปี 2537 จำนวน 47 storms รวมทั้งหมด 93 storms ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง

ปริมาณฝนแต่ละปี หรือรวมทั้งสองปี โดยวิธี Analysis of Variance และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation analysis) ข้อผิดพลาดของการคาดคะเนปริมาณฝนจะยอมรับในระดับที่ไม่เกิน ± 2 SE (SE: Standard error of estimation) ตามข้อเสนอแนะของ Stevenson (1992)

ผลและวิจารณ์ผล

ลักษณะข้อมูล

ลักษณะข้อมูลทั่วไปของปริมาณฝนจากเครื่องวัดมาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว (R_8), ขวดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว (R_2) และขวดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว (R_3) มีปริมาณฝนในปี 2536 รวม 572.2, 802.83 และ 613.85 มม. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.43, 17.53, และ 13.66 มม. และ 10.93, 16.49 และ 12.82 มม. ส่วนลักษณะฝนในปี 2537 มีปริมาณฝนรวม 945.1, 1405.3, และ 874.8 มม ปริมาณฝนอยู่ในช่วง 1.10-96.6, 1.9-153.6, และ 1-100 มม. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 20.11, 29.9, และ 18.61 มม. และ 20.79, 32.36 และ 20.14 มม. ตามลำดับ มีข้อน่าสังเกตคือปริมาณฝนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ R_2 และ R_3 มีแนวโน้มสูงกว่า R_8 ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณฝนเมื่อคิดเป็นปริมาตรที่ตกแต่ละ storm ในบริเวณพื้นที่เดียวกันหากไม่มีปัจจัยอื่นๆ มาเกี่ยวข้องแล้ว เครื่องวัดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง (พื้นที่รับน้ำฝน) น้อยกว่าจะมีค่าปริมาณฝนที่คิดเป็นหน่วยความสูงมากกว่าเครื่องวัดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่าเสมอ สิ่งเหล่านี้ส่งผลทำ

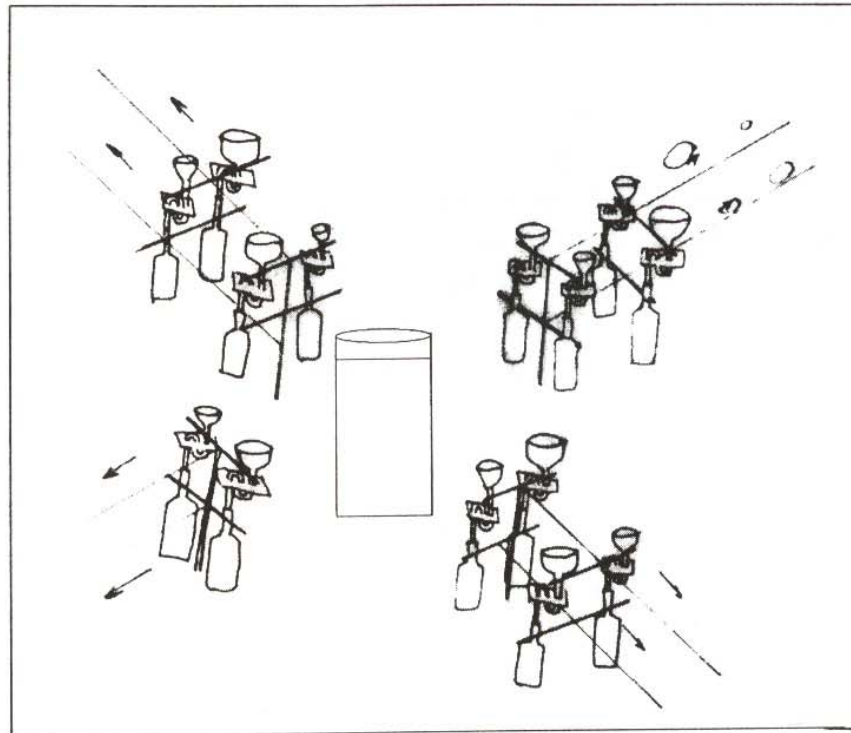


Figure 1. Design and installation of used plastic bottle funnel and glass bottle collector for rainfall measurement.

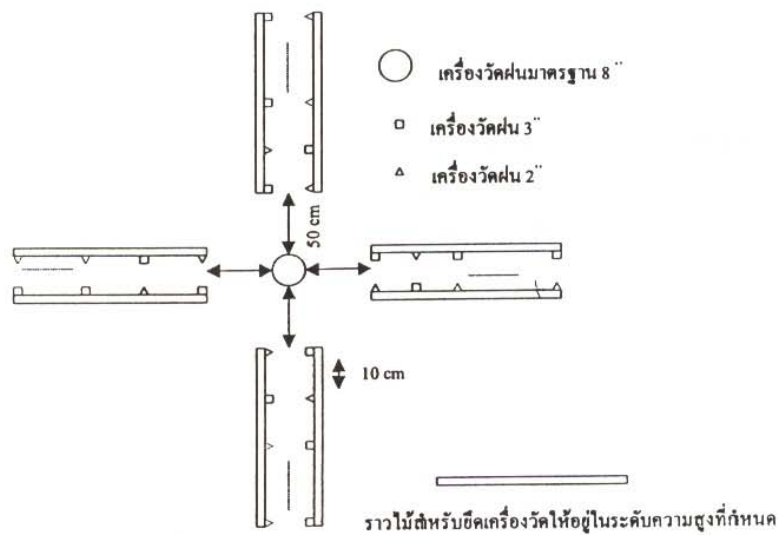


Figure 2. Top view raingauge installation in open area.

ให้เกิดโอกาสที่จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงตามไปด้วย อีกประการหนึ่งในกรณีที่สามารถขยายเวลาเพื่อทำการตรวจวัดพฤติกรรมการตกของฝนได้ทั้งหมด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่น้อยกว่าจะเป็นสิ่งที่แสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือตรวจวัดที่ดีกว่า ดังจะเห็นได้ว่าค่าปริมาณฝนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ R_3 ที่มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐาน R_8 มากกว่า R_2

อย่างไรก็ตามจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณฝนรายปีระหว่าง R_8 กับ R_2 และ R_3 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่เมื่อทำ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนของทั้ง 2 ปีซึ่งในแต่ละปีมีความผันแปรค่อนข้างมาก ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ ที่ระดับความน่าจะเป็น 5 % จากการตรวจสอบต่อไปด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test พบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยของ R_2 แตกต่างกับ R_3 และ R_8 ในขณะที่ R_3 กับ R_8 ไม่แตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงสามารถใช้เครื่องมือวัด R_3 แทน R_8 ได้ในระดับความมั่นใจ 95% อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณฝน ของทั้ง 2 ปีไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็น 1% (Table 1 และ Table 2) ดังนั้นในเบื้องต้นอาจ

Table 1. Descriptive statistics of rainfall amount in 1993 and 1994.

Diameter rain gauge	# storm	Mean	STD.DEV	MIN	MAX	Remark
R_8	46	12.44	10.94	0.40	38.90	1993 data
R_2	46	17.54	16.49	0.50	56.1	
R_3	46	13.66	12.82	0.40	43.1	
Diameter rain gauge	# storm	Mean	STD.DEV	MIN	MAX	Remark
R_8	47	20.11	20.8	1.10	96.6	1994 data
R_2	47	29.9	32.36	1.9	153.6	
R_3	47	18.61	20.14	1	100	
Diameter rain gauge	# storm	Mean	STD.DEV	MIN	MAX	Remark
R_8	93	16.31	17.02	0.4	96.6	1993-1994 data
R_2	93	23.79	26.37	0.5	153.6	
R_3	93	16.16	17.01	0.4	100	

Table 2. Analysis of variance of rainfall amount in 1993 and 1994

Sources	Df	SS	MS	F	Remark
Treatment	2	652.15	326.079	1.76NS	1993 data
Error	135	25,014.30	185.291		Df 2,125 = 3.07 ($\alpha = 5\%$)
Total	137	25,666.46			= 4.78 ($\alpha = 1\%$)
Sources	Df	SS	MS	F	Remark
Treatment	2	3,533.02	1,766.512	2.811NS	1994 data
Error	138	86,733.34	628.503		Df 2,150 = 3.06 ($\alpha = 5\%$)
Total	140	90,266.37			= 4.75 ($\alpha = 1\%$)
Sources	Df	SS	MS	F	Remark
Treatment	2	3,531.68	1,765.843	4.157*	1993 & 1994 data
Error	276	117,236.58	424.770		Df 2,200 = 3.04 ($\alpha = 5\%$)
Total	278	120,768.27			= 4.71 ($\alpha = 1\%$)

กล่าวได้ว่าสามารถใช้เครื่องวัดที่ดัดแปลงจากขวดพลาสติกทั้งสองขนาดแทนเครื่องวัดมาตรฐานได้

ความสัมพันธ์และความน่าเชื่อถือของ

สมการถดถอย

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝน R_8 กับ R_2 หรือ R_3 จากปริมาณฝนรายปีและรวมทั้ง 2 ปี เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2 : Coefficient of determination) สูงถึง 99% การถดถอยปริมาณฝนรายปี R_8 ที่ระดับข้อผิดพลาดไม่เกิน ± 2 SE จากการใช้ R_3 , R_2 และความสัมพันธ์ที่ได้จากปริมาณของฝนทั้ง 2 ปี อยู่ในช่วงการยอมรับได้สูงสุดจาก 94-98 %, 91-98 % และ 92 % ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ความผันแปรของฝนที่ตกในแต่ละปีมีผลทำให้ปริมาณฝน R_8 จากสมการถดถอยของฝนทั้ง 2 ปี มีช่วงการยอมรับน้อยที่สุด (Table 3 และ Figure 3) ดังนั้น ในขณะที่ไม่สามารถขยายเวลาเพื่อบันทึกพฤติกรรมตามธรรมชาติของฝนได้ทั้งหมด การใช้ความสัมพันธ์รายปีของปริมาณฝน R_3 เพื่อการถดถอยปริมาณฝน R_8 จะมีความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้ดีที่สุด

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้ขวดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 “ (R_2) และ 3” (R_3) เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจวัดปริมาณฝนเปรียบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8” (R_8) ได้จัดทำขึ้นโดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝนที่ทำการบันทึกไว้ ณ สถานีตรวจอากาศ ศูนย์การศึกษาพัฒนาห้วยฮ่อง-

ไกร อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงระยะปี 2536-2537 จำนวนทั้งหมด 93 storms ผลการศึกษาพบว่า ความแปรปรวนของปริมาณฝนรายปีและปริมาณฝนของทั้ง 2 ปี จากเครื่องวัดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งในเบื้องต้นหากมีความต้องการตรวจวัดโดยประมาณสามารถใช้เครื่องวัดทั้ง 2 ขนาดแทนเครื่องวัดมาตรฐานได้ แต่มีข้อควรพิจารณาคือ ปริมาณฝน R_3 มีความน่าเชื่อถือมากกว่า R_2 และปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จะมีค่าสูงกว่าเครื่องวัดมาตรฐานสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝน R_8 กับ R_2 หรือ R_3 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2 : Coefficient of determination) ที่สูงถึง 99 % ดังนั้น ในกรณีที่พื้นที่ศึกษามีขนาดใหญ่และต้องการความมั่นใจในฐานข้อมูลที่ตรวจวัดมากขึ้น ควรมีการติดตั้งเครื่องวัดมาตรฐาน R_8 และ R_3 อย่างน้อย 1 คู่ ทั้งนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ในแต่ละปีไว้สำหรับถดถอยปริมาณฝน R_8 ส่วนพื้นที่ที่เหลือจะทำการติดตั้งเครื่องวัด R_3 เป็นการเพิ่มเติมจำนวนเครื่องวัดน้ำฝนให้เพียงพอต่อการเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา โดยวางกระจายทั่วไปให้ครอบคลุมลักษณะต่างๆ ของพื้นที่ที่กำหนดไว้ในแผนงาน อนึ่งในกรณีที่ ต้องการใช้ R_2 หรือ R_3 แทนเครื่องวัดฝน R_8 ควรมีข้อพิจารณาใน 2 ประเด็น คือ (1) ขยายเวลาการศึกษาให้ครอบคลุมธรรมชาติของฝน (2) แบ่งปริมาณฝนเพื่อหาความสัมพันธ์ในระหว่าง R_8 กับ R_2 และ R_3 ออกเป็นช่วงๆ เช่น 0-10 มม., 10-20 มม., 20-30 มม. ฯลฯ เพื่อให้การถดถอยปริมาณฝนขนาดต่างๆ มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

Table 3. Summarized the predicted equations of used plastic bottle and their reliability within the range of 2 standard error.

# Equation	R^2	Standard	Control chart error with in $\pm 2SE$					Remark	
	%	error of	Reject		Accept		Total		
	estimate	(storm)	%	(storm)	%	(storm)			
A) 1993									
1 $R_s = 0.87 + 0.66R_2$	99	1.18	1	2	45	98	46	A) The total storm rainfall = 46 storms	
2 $R_s = 0.85 + 0.85R_1$								B) The total storm rainfall = 47 storms	
								C) The total of storm rainfall within 2 year period = 93 storms	
B) 1994									
1 $R_s = 0.95 + 0.64R_2$	99	1.66	4	9	43	91	47		
2 $R_s = 0.996 + 1.027R_3$	99	2.22	3	6	44	94	47		
C) 1993 & 1994									
1 $R_s = 1.02 + 0.64R_2$	100	1.45	7	8	86	92	93		
2 $R_s = 0.34 + 0.99R_3$	99	2.64	7	8	86	92	93		

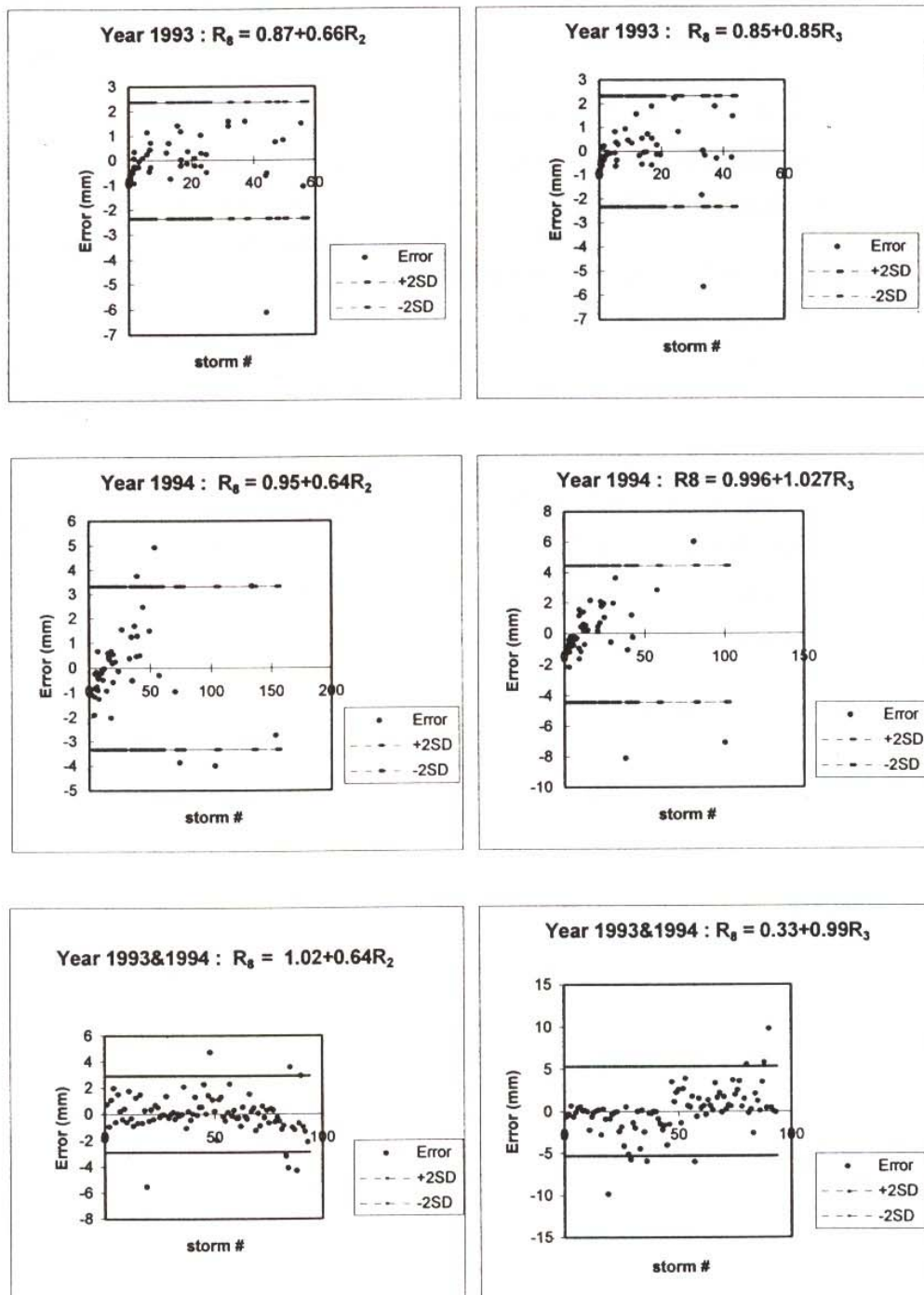


Figure 3. Monitoring control chart error from the predicted equations of used plastic bottles in 1993-1994.

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทรแก้ว. 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 789 น..

Kurtyha, J.C. 1953. Precipitation measurement study. Rpt. of Invest. No. 20 I ll. state, water Surveg Div. อ้างโดย สามัคคี บุญยะวัฒน์ และเกษม จันทรแก้ว. การวิเคราะห์ลักษณะฝนและจำนวนเครื่องวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำขนาดเล็กบนภูเขา ดอยปู่ย จังหวัดเชียงใหม่. การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้า เล่มที่ 21 กรุงเทพฯ: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 83 น.

Mannaerts, C.M. 1991. Hydrologic and Erosion-Sedimentation Process in Watershed and Quantitative Hydrologic Methods for Watershed Managers, Lecture Notes. School of Watershed Management International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Research Institute for Natural Management (RIN), College of Forestry and Land Water Management (HBCS). IEP/INDONESIA/ITC-CEM Project, Borgor, 1986-1991.

Stevenson, W.J. 1992. Introduction to Management Science. College of Bussiness, Rochester Institute of Technology. Richard D. Irwin Inc., Homewood. 909 p.