

# 艾利(2004)颱風個案應用氣象模式藕合水文模式之集水區逕流模擬

陳心穎 楊明仁

中央大學水文科學研究所

## 摘要

本研究使用中尺度數值預報模式 MM5 以單向(one-way)驅動降雨逕流水文模式 FLO-2D 進行逕流模擬,所研究的颱風個案為艾利(2004)颱風,艾利颱風為經典的西北颱風,在桃竹苗山區豪雨極值分佈造成土石流及水庫供水問題,因此水文模式方面挑選石門水庫為逕流模擬的研究區域。以氣象模式 MM5 作五組敏感度實驗,輸入水文模式 FLO-2D 的模擬雨量資料為流域區域平均雨量,且以觀測雨量之模擬流量作為水文參數基準,比較觀測逕流、觀測雨量所模擬流量及模擬雨量所模擬逕流。也針對路徑誤差來做比較。

## 一、前言：

颱風與梅雨為台灣水資源的主要來源。颱風可維持秋冬季之用水,若當年颱風帶來的雨量不足時,則隔年春天台灣可能嚴重缺水。不過由於台灣南北長約 385 公里,東西寬約 143 公里,中央山脈縱向於台灣中央,如此地形分布使得台灣水系受地形支配,大部分河川以脊梁山脈為分水嶺,分向東西注入海中,河道短促且坡度陡,故多成急流。而且台灣山系土質脆弱極易崩塌,加上近年山坡地過於開發,造成溪流河道含砂量高而易阻塞,遇豪大雨便水位迅速暴漲,導致山洪暴發,河水氾濫不已。颱風伴隨豪大雨可造成嚴重傷亡,在台灣地區因颱風造成的經濟、農業與建築物上的損失,平均每年都有數十億元。在颱風災害的防災措施上,除了興建建築物(堤防、擋土牆等)減緩措施建置外,我們更需要有洪水預報能力及即時洪水警告系統之建置。

## 二、個案與研究區域介紹

本研究針對艾利(2004)颱風作為個案事件之研究。由於艾利(2004)颱風路徑為典型西北颱(圖 1),導致桃竹苗地區山區有降水極值,分別於 8 月 24 日 12UTC 24 小時累積雨量有 780mm/day (圖 2); 8 月 25 日 12UTC 24 小時累積雨量有 860mm/day (圖 3)降雨極值,此造成石門水庫水質嚴重混濁,桃園地區及部分台北縣居民 14 天無自來水可用。故以石門水庫集水區作為水文模式的研究區域,本論文研究是取集水區出口最接近石門水庫庫區的流量站—霞雲站。霞雲站上游集水區面積約為 623 平方公里,集水區內有 12 座雨量站(圖 4)。土地利用型態以闊葉林及混合林為主。

## 三、研究方法：

本論文研究中所使用的氣象模式為 MM5 中尺度數值模式模擬艾利(2004)颱風個案,分別設計五組敏感度實驗(表 1),其中 A、B 組比較是否植入實驗, B、C 組比較雲微物理及行星邊界參數實驗, C、D 組比較植入颱風實驗組, C、E 組比較網域單向雙向

實驗(E 組實驗以 D1, D2 先行模擬作為初始資料,再單獨執行 D3 模擬)(圖 5)。然後 MM5 模式以 one-way 方式驅動二維質量保守之水文模式 FLO-2D(O'Brien et al.1993)作逕流模擬。其中雨量是採取徐昇氏法面積平均雨量(圖 6),以小時為時間間距,以觀測雨量之模擬流量作為參數設定(表 2)依據,流量比較以逕流比與效率係數作為評估標準。本研究討論颱風路徑誤差、全台 24 小時累積雨量分布、流域累積雨量分布、流域徐昇氏面積平均雨量分布、流量歷線與峰值。

$$EFFIC = \left( \frac{\sigma_o^2 - \sigma_i^2}{\sigma_o^2} \right) \times 100\%$$

$$\sigma_o^2 = \sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q})^2 / n$$

$\bar{Q}$  = 觀測值的平均流量

$$\sigma_i^2 = \sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_{obs,i})^2 / n$$

$Q_{obs,i}$  = 時間 i 的觀測流量

$Q_{sim,i}$  = 時間 i 的模擬流量

## 四、結論與討論

1. 路徑誤差:以 A 組與 E 組誤差較小(<80km)(表 3),但位置偏南(圖 7)。B、C、D 組雖然模擬颱風路徑較為接近氣象局公佈路徑軌跡,但時間上相對位置誤差大(36 小時平均誤差>100km),模擬颱風於流量峰值時間已位於大陸沿海。

2. 雨量分布:在 8 月 24 日 12UTC 24 小時全台累積雨量分布(圖 8),各組在分布型態上相當類似,算術平均值皆超過觀測值(>100%)。8 月 25 日 12UTC 24 小時全台累積雨量分布(圖 9),除了 A 組,其餘組極值分布較觀測雨量偏南, A 組在算術平均值超過觀測值(>100%),其餘皆為觀測值 60~70%之間。

3. 流域徐昇氏面積平均雨量分布(圖 10):各組在預報 24 小時內皆有不錯的時序分布。A 組在預報 30 小時有峰值呈現。以 24 日 16 時分隔所作的累積雨量分布圖中,可以看出在 23 日 12UTC 至 24 日 08UTC(21 小時累積雨量)(圖 11)都有 77%以上的平均數值,在 24 日 09UTC 至 25 日 12UTC(28 小時累積雨量)(圖 12)只有 A 組達 77%,其餘組皆

低於 50%。

4. 流量歷線(圖 13): A組(提早 2 小時)在峰值延遲的表現上僅次於觀測雨量所模擬的流量(提早 1 小時), 峰值也如此( $7947\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ ,  $7934\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ ), 其餘組峰值延遲皆提早 7~10 小時(24 日 12UTC 時間點附近), 峰值約  $3700\text{--}5000\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ 。(表 3)

5. 逕流比與效率係數(表 3): 各組在逕流比表現都在 0.6~0.7, 差異性小, 效率係數表現則以 A 組較佳, 為 0.52, 其餘組皆低於 0(低於觀測流量平均值水準)。

6. 颱風路徑對於流域雨量有明顯的相關性。B、C、D 三組, 颱風於流量峰值時間移動太快, 以致於 24 日 12UTC 之後雨量明顯低估。雖然 A 組與 E 組的 36 小時路徑平均誤差皆小於 80km, 由於 E 組的初始渦漩植入誤差及物理參數設定誤差使得降雨偏弱。

## 致謝

感謝永續會提供研究經費計畫編號 (95-2625-Z-008-003-) 支助本研究

## 參考文獻

- Li, M.-H., M.-J. Yang, R.-T. Soong, and H.-L. Huang, 2005: Simulating typhoon floods with gauge data and mesoscale-modeled rainfall in a mountainous watershed. *J. Hydrometeorol.*, **6**, 306-323.
- O'Brien, J. S., P.Y. Julien, and W. T. Fullerton, 1993: Two-dimensional water flood and mudflood simulation. *J. Hydraul. Eng.*, **119**, 244-261.

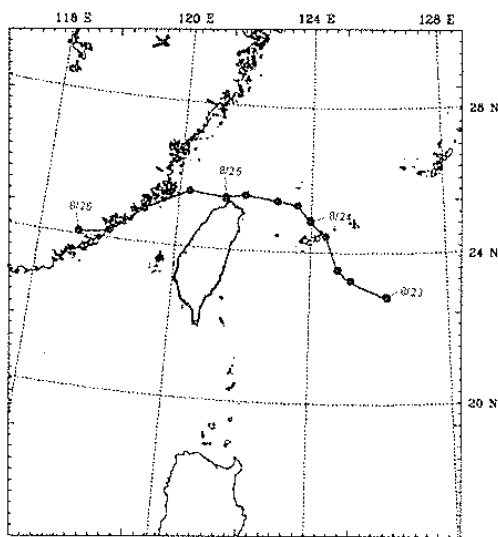


圖 1: 艾利颱風之路徑圖。時間為 2004 年 8 月 23 日 0000UTC 到 2004 年 8 月 26 日 0000UTC。紅點表示

每六小時的颱風中心位置。資料來源為中央氣象局颱風警報單。

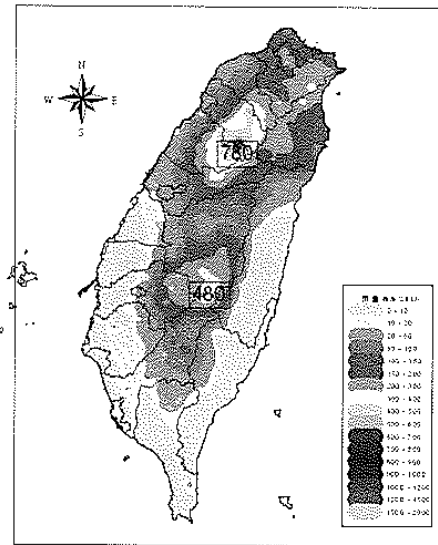


圖 2: 2004 年 8 月 23 日 12UTC 至 2004 年 8 月 24 日 12UTC 24 小時累積雨量圖

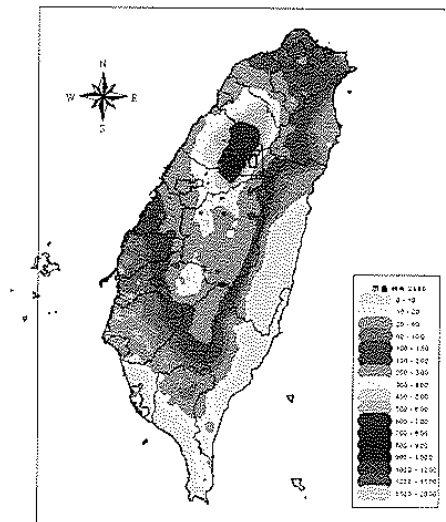


圖 3: 2004 年 8 月 25 日(當地時)24 小時累積雨量圖

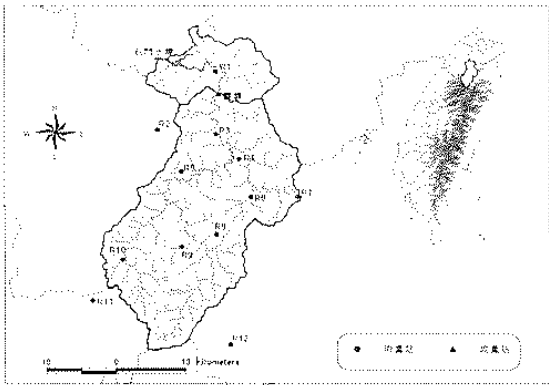


圖 4：石門水庫集水區相關位置圖，較深綠色為震雲站集水區。(R1：震雲，R2：鳥嘴山，R3：高義，R4：巴陵，R5：玉峰，R6：嘎拉賀，R7：池端，R8：西丘斯山，R9：鎮西堡，R10：白石，R11：馬達拉，R12：南山。)

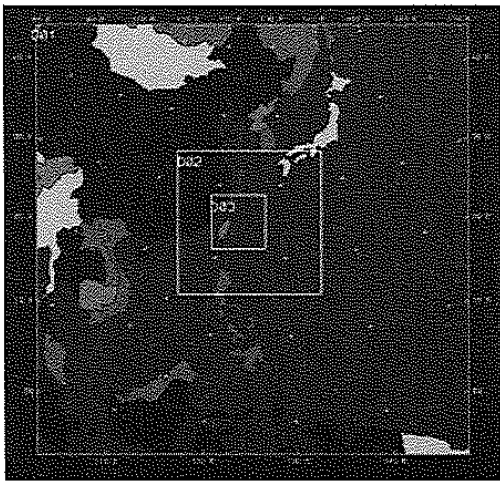


圖 5 艾利颱風於 MM5 模式之三層網格式示意圖。粗網域(D01)之水平解析度為 45 公里，中網域(D02)之水平解析度為 15 公里，細網域(D03)之水平解析度為 5 公里。

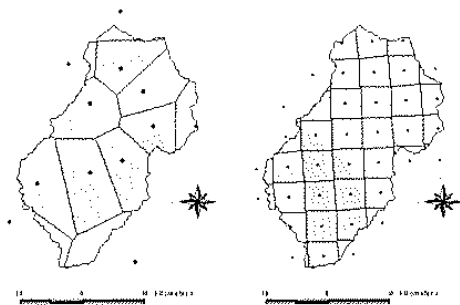


圖 6：艾利颱風之徐界氏多邊形，左圖：地面雨量站，右圖：MM5 之 5 公里網格點

模型	A	B	C	D	E
流域	No	Unsat 50 m / Runway 10 km	Unsat 50 m / Runway 10 km	Unsat 45 m / Runway 70 km	Unsat 50 m / Runway 60 km (D1, D2, D3)
模型參數	Grell (1993)	Grell (1993)	Grell (1993)	Grell (1993)	Grell (1993)
雲物理參數	Godard-Guimel (Tsonid, Simpson 1933)	Godard-Guimel (Tsonid, Simpson 1933)	Reynolds (Reynolds et al 1995)	Reynolds (Reynolds et al 1995)	Reynolds (Reynolds et al 1995)
日射量參數	Blackburn	Blackburn	MEF (Hong and Pan 1996)	MEF (Hong and Pan 1996)	MEF (Hong and Pan 1996)
積雪參數	Dudhia (1989)	Dudhia (1989)	Dudhia (1989)	Dudhia (1989)	Dudhia (1989)
土壤-植被	ECMWF TOGA 1125°-1125°	ECMWF TOGA 1125°-1125°	ECMWF TOGA 1125°-1125°	ECMWF TOGA 1125°-1125°	ECMWF TOGA 1125°-1125°

表 1：敏感度實驗參數列表

參數設定	艾利颱風 (2004)
地表曼寧n值	0.45
河道曼寧n值	0.03
初始截流量	5 mm
初始土壤含水量	0.6
水力傳導係數	4 mm/hr
濕鋒毛管勢能	100 mm

表 2 水文參數設定列表

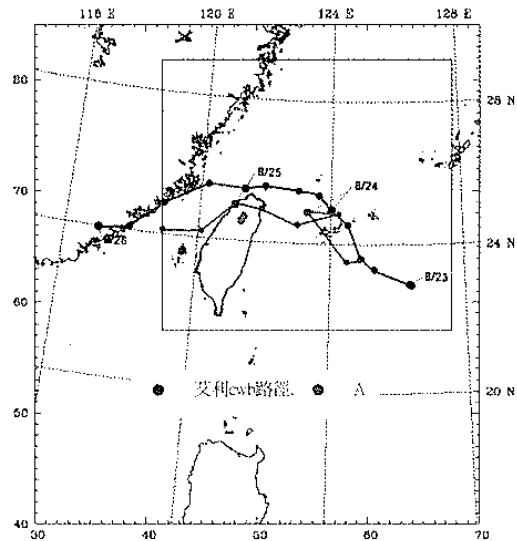


圖 7：路徑圖，藍色為氣象局公佈路徑，紅色為各實驗路徑圖。

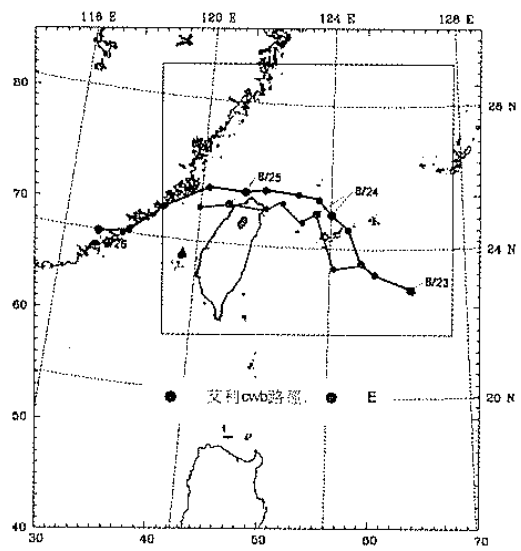
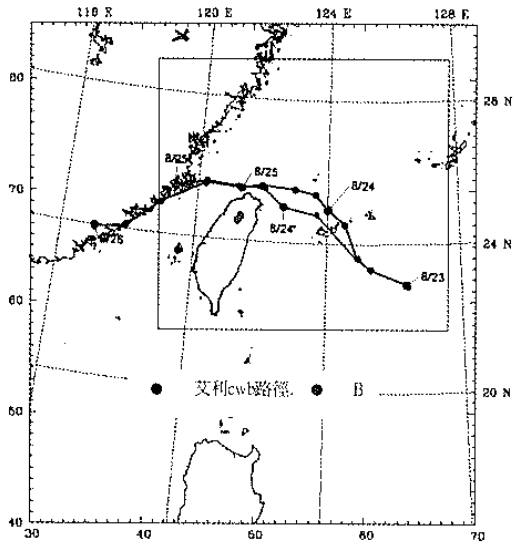


圖 7: 路徑圖，藍色為氣象局公佈路徑，紅色為各實驗路徑圖。

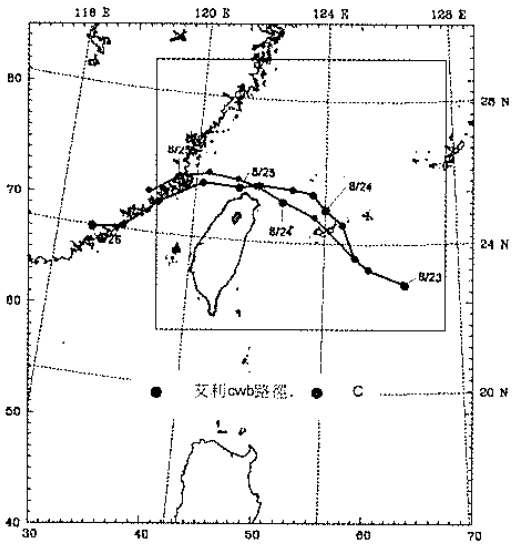


表 3: 各組實驗平均路徑誤差(公里)

	A	B	C	D	E
12 小時	61	76	72	71	58
24 小時	74	112	113	103	64
36 小時	71	133	129	107	64

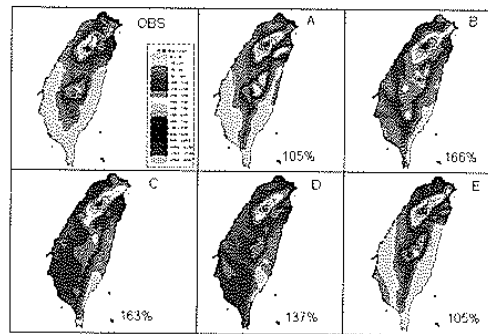
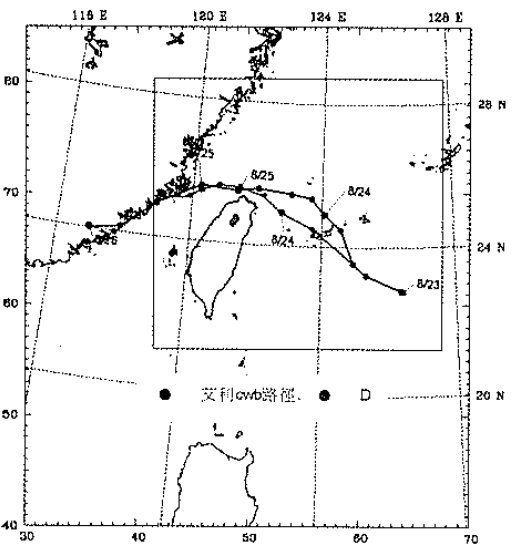


圖 8: 8 月 24 日 12UTC 24 小時累積雨量分布圖(右下角為算術平均值百分比)

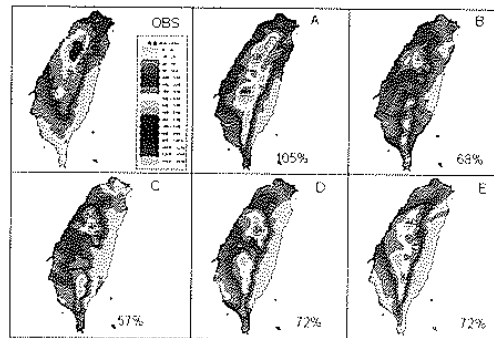


圖 9: 8 月 25 日 12UTC 24 小時累積雨量分布圖(右下角為算術平均值百分比)

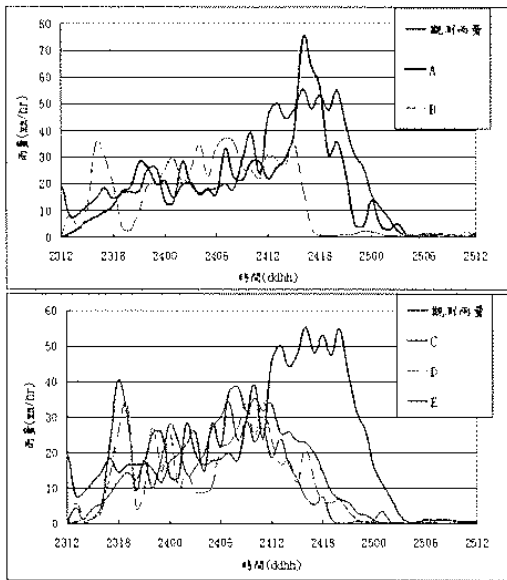


圖 10: 2004 年 8 月 23 日 12UTC 至 8 月 25 日 12UTC 徐昇氏法區域平均雨量逐時曲線圖。

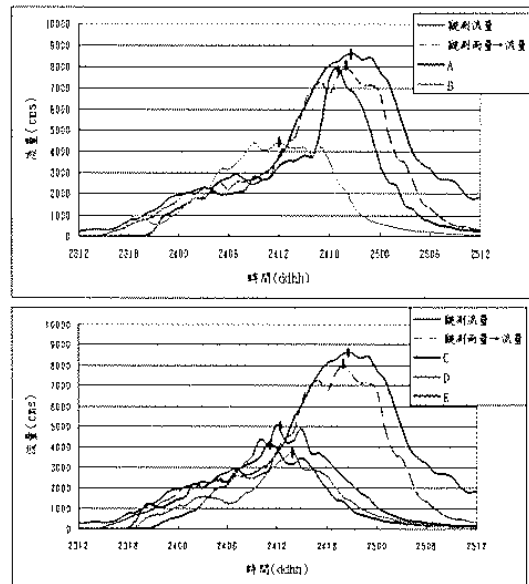


圖 13 2004 年 8 月 23 日 12UTC 至 8 月 25 日 12UTC 之觀測與模擬流量圖。

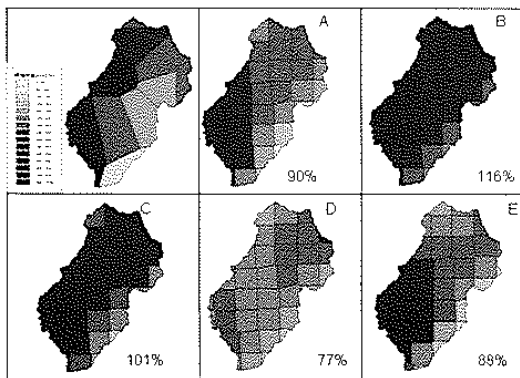


圖 11 2004 年 8 月 23 日 12UTC 至 8 月 24 日 08UTC 累積雨量流域空間分布圖。(右下角為算術平均值百分比)

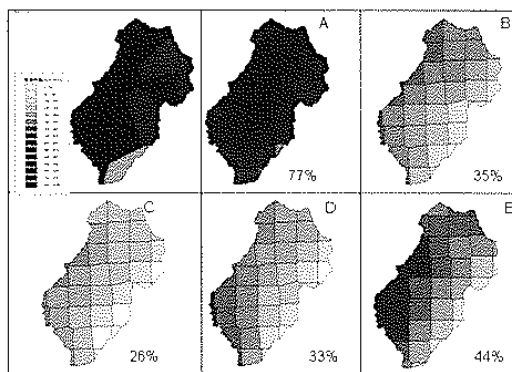


圖 12 2004 年 8 月 24 日 09UTC 至 8 月 25 日 12UTC 累積雨量流域空間分布圖。(右下角為算術平均值百分比)

表 4 比較艾利颱風(2004)之模擬與觀測流量峰值、延遲時間、總單位流量  $Q$  [mm]、總雨量  $P$  [mm]及逕流比(runoff ratio  $RR=Q/P$ )。延遲時間單位為小時，負值為提早，正值為延後。而 EFFIC 為計算觀測流量與模擬流量之效率係數。

	觀測流量	觀測雨量 → 流量	A	B	C	D	E
峰值 (延遲)	8594	7947 (-1)	7934 (-2)	4446 (-9)	4173 (-10)	3759 (-7)	5113 (-9)
Q	1015	805	612	460	376	314	425
P	1041	1041	851	653	550	504	627
RR	0.97	0.76	0.72	0.7	0.68	0.62	0.67
EFFIC		0.85	0.52	-0.49	-0.72	-0.63	-0.35