

یادداشت فنی

بررسی رسوب‌نمودهای رگبار در حوزه آبخیز معرف خامسان

سمیه فضلی^۱، سیدحمیدرضا صادقی^{۲*} و عبدالواحد خالدی درویشان^۳

چکیده

عدم شناخت تغییرات زمانی رسوب طی رگبارها از مشکلات اساسی اجرای طرح‌های منابع آب و آبخیزداری محسوب می‌شود. حال آن‌که بررسی جامع رسوب‌نمودها در مقیاس رگبار، کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. تحقیق حاضر به منظور تحلیل رسوب‌نمودهای حوزه آبخیز معرف خامسان با مساحت ۴۱۹۳ هکتار در استان کردستان صورت گرفته است. بدین منظور تعداد کل ۴ واقعه رگبار منجر به تولید رواناب و طبعاً تولید رسوب بطی دوره تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. در همین راستا نمونه‌های رسوب معلق و داده‌های بارش و رواناب به ترتیب با فواصل زمانی ۶۰، ۱۰ و ۳۰ دقیقه جمع‌آوری شد. تحلیل مفهومی داده‌های جمع‌آوری شده دلالت بر تبعیت کلی رسوب‌نمود از آب‌نمود و باران‌نمود و هم‌چنین تبعیت رسوب‌نمود از آب‌نمود به لحاظ زمان تا اوج داشته است.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز معرف خامسان، رسوب معلق، رسوب‌نمود، مدل مفهومی.

ارجاع: فضلی س. صادقی س. ح. ر. و خالدی درویشان ع. ا. ۱۳۹۰. بررسی رسوب‌نمودهای رگبار در حوزه آبخیز معرف خامسان. مجله پژوهش آب ایران. ۵(۸): ۲۱۷-۲۲۱.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

* نویسنده مسئول: sadeghi@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۲/۲۱

مقدمه

رسوب‌نمودهای حاصل از وقوع ۴ رگبار اتفاق افتاده طی دوره تحقیق در حوزه آبخیز معرف خامسان در استان کردستان پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز معرف خامسان یکی از زیر حوزه های حوزه آبخیز سیروان در استان کردستان با مساحت ۴۱۹۳ هکتار در حدّ واسط $47^{\circ}4'5''$ تا $47^{\circ}10'44''$ طول شرقی و $34^{\circ}57'51''$ تا $35^{\circ}1'29''$ عرض شمالی قرار گرفته است. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالانه به ترتیب ۶۰۵ میلی‌متر و $13/5$ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است (اداره کل منابع طبیعی استان کردستان، ۱۳۷۹). در پایش حوزه از اسفند ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ۱۳۸۸، با وقوع رواناب ناشی از رگبارها مبادرت به نمونه‌برداری از رسوب معلق در محل خروجی آبخیز مورد مطالعه به صورت دستی با فاصله زمانی یک ساعت و به روش انتگراسیون عمقی (روویرا و باتالا، ۲۰۰۶) شد. برای اندازه‌گیری غلظت رسوب معلق از روش تخلیه آب^۱ (والینگ و همکاران، ۲۰۰۱) و سپس تبخیر و توزین استفاده شد. با ترسیم داده‌های غلظت رسوب معلق در مقابل زمان رسوب‌نمود در مقیاس رگبار تهیه شد. همچنین آب‌نمود و رسوب‌نمود مستقیم از طریق جداسازی دبی و رسوب پایه با استفاده از روش شیب افزاینده (سوبرامانیا، ۲۰۰۱) با توجه به شکل آب‌نمود و رسوب‌نمود به اتصال ابتدای جریان مستقیم (آغاز جریان پایه) تهیه و ترسیم شدند. سپس شکل و الگوی رسوب‌نمودهای حاصل در تعامل با سایر مؤلفه‌های بارش تحلیل شد.

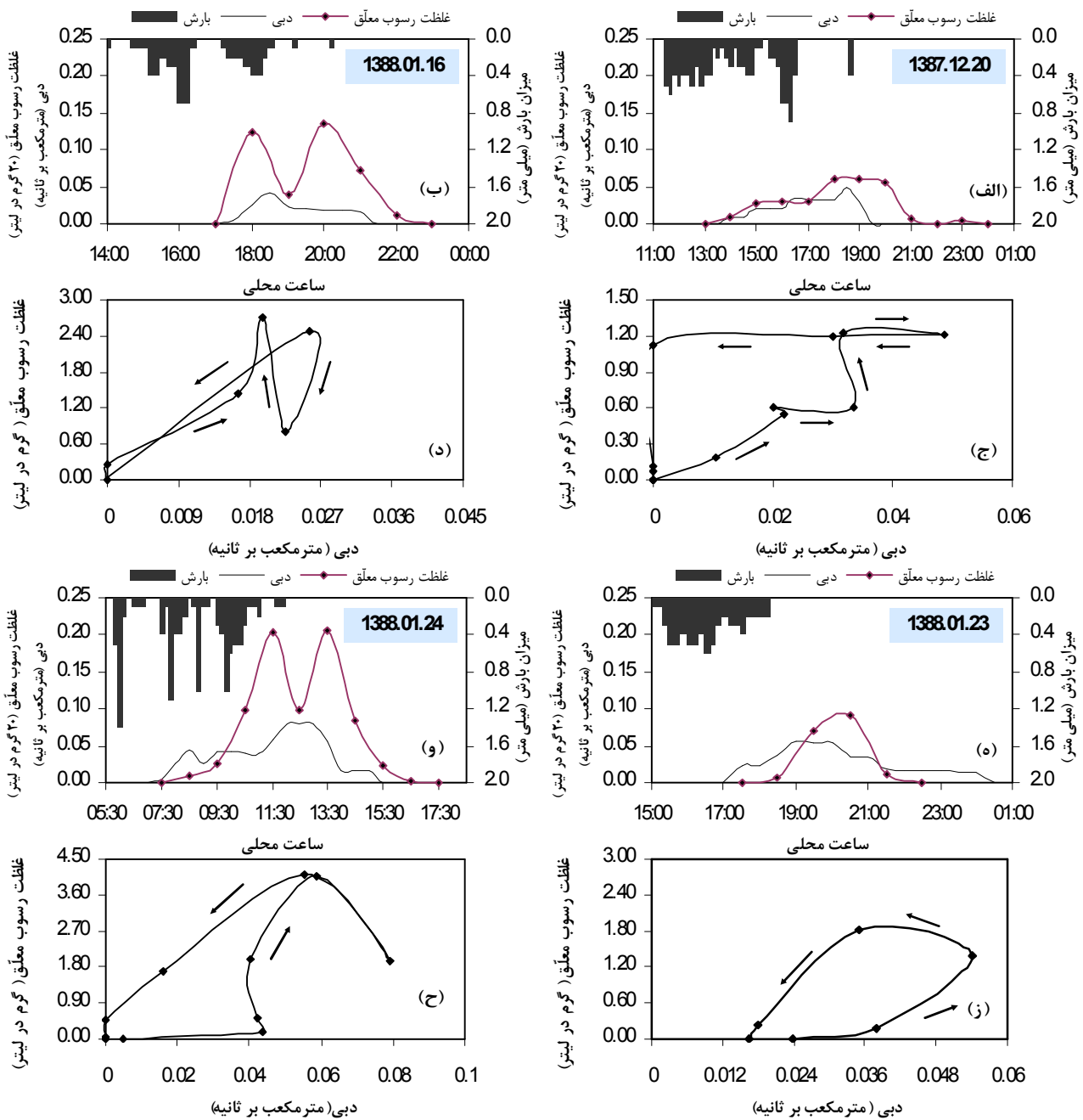
نتایج و بحث

طی دوره پایش، ۴ رگبار ۲۰ اسفند ۱۳۸۷ و ۱۶، ۲۳ و ۲۴ فروردین ۱۳۸۸ قادر به تولید رواناب در خروجی حوزه معرف بودند. خصوصیات رگبار و رسوب‌نمودهای مربوطه به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ ارائه شده است.

امروزه فرسایش خاک خطری جدی برای حیات بشر به‌شمار می‌آید. بار رسوب میزانی از خاک فرسایش یافته است که به‌وسیله آب به یک نقطه معین از سامانه رودخانه مانند خروجی حوزه آبخیز حمل می‌شود. از آن جاکه بار معلق به‌طور متوسط بیش از ۸۵ درصد بار کلّ حوزه آبخیز را شامل می‌شود (رندون- هرو، ۱۹۷۴). اغلب بررسی‌های دقیق در ارتباط با رسوب معلق رودخانه‌ها در قالب رسوب‌نمودها یا نمودار توزیع زمانی بار رسوب غالباً به همراه آب‌نمودها در مقیاس رگبار انجام می‌پذیرد (داس، ۲۰۰۰). از طرفی به‌منظور مدیریت جامع و پایدار در یک حوزه آبخیز، مطالعه رسوب‌نمود ضروری به‌نظر می‌رسد. در این زمینه تحقیقات اندکی در سطح جهان صورت گرفته است. برای نمونه می‌توان به روویرا و باتالا (۲۰۰۶)، الکساندروف و همکاران (۲۰۰۷)، لانا- رینائولت (۲۰۰۷) و نادال- رومرو و همکاران (۲۰۰۸) اشاره کرد که در آن‌ها بررسی تغییرپذیری زمانی رسوب معلق صورت گرفته است. همچنین زابالتا و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی عوامل کنترل‌کننده رسوب معلق در طی یک واقعه بارش- رواناب در سه حوزه آبخیز با مساحت‌های متفاوت در اسپانیا پرداختند. در این بررسی مشخص شد که در حوزه های آبخیز کوچک طی یک رگبار میزان رسوب معلق به‌میزان بارش و غلظت رسوب معلق به شدت بارش وابسته بوده و در حوزه آبخیز بزرگ نیز بار رسوبی معلق به‌میزان بارش وابسته بوده است. صادقی و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی عوامل مؤثر در رسوب‌نمود در حوزه آبخیز جنگلی Miè در ژاپن مشاهده کردند که نحوه توزیع زمانی رسوب معلق به‌شدت متأثر از خصوصیات بارش مؤثر و نیز مؤلفه‌های مختلف آب‌نمود و توالی فرآیندهای هیدرولوژیکی بوده است. همچنین صادقی و همکاران (۲۰۰۹) به تحلیل رسوب‌نگار رگبارها در حوزه آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس پرداختند. بررسی تحقیقات مستند موجود در داخل کشور نشان داد که تاکنون بررسی جامع رسوب‌نمود معلق و تعیین عوامل مؤثر بر مؤلفه‌های رسوب معلق در طی وقایع رگبار به‌ندرت انجام شده و یا نتایج آن به‌صورت اسناد علمی (مقاله و طرح پژوهشی) ارائه نشده است. لذا در تحقیق حاضر به تحلیل

جدول ۱- خصوصیات رگبارهای مورد مطالعه در حوزه آبخیز معرفت خامسان

خصوصیات بارش تاریخ رگبار	میزان بارش (میلی متر)	حداکثر شدت بارش (میلی متر بر ساعت)	متوسط شدت بارش (میلی متر بر ساعت)	دوام بارش (دقیقه)
رگبار ۱۳۸۷/۱۲/۲۰	۱۱/۳۰۰	۵/۴۰۰	۱/۵۶۰	۴۳۰/۰۰۰
رگبار ۱۳۸۸/۰۱/۱۶	۵/۸۰۰	۴/۲۰۰	۰/۹۰۰	۳۷۰/۰۰۰
رگبار ۱۳۸۸/۰۱/۲۳	۶/۷۰۰	۲/۶۰۰	۲/۰۴۰	۱۷۰/۰۰۰
رگبار ۱۳۸۸/۰۱/۲۴	۱۰/۵۰۰	۸/۴۰۰	۱/۶۸۰	۳۶۰/۰۰۰



شکل ۱- باران نمود، آب نمود و رسوب نمود و حلقه سنج رسوب رگبارهای مورد مطالعه

از ذوب برف در مناطق بالادست و مشارکت آن در تولید رسوب باشد. همچنین وقوع بارش در تاریخ‌های ۱۶ و ۱۹ فروردین موجب کاهش موجودیت رسوب در حوزه آبخیز به تبع آن کاهش ۶۶ درصدی اوج رسوب در رگبار مذکور شده‌اند که با تأییدات والینگ و وب (۱۹۸۱)، سییر و همکاران (۲۰۰۶) و صادقی و همکاران (۲۰۰۸) در خصوص نقش کنترل‌کنندگی موجودیت رسوب در شکل رسوب‌نمود همخوانی دارد.

در رگبار ۲۴ فروردین ۱۳۸۸ (شکل ۱ و) رسوب‌نمود همانند آب‌نمود این رگبار دو اوج داشته که اوج اول زودرس و اوج دوم با تأخیر رخ داده و منجر به تشکیل حلقه سنجه پادساعت‌گرد (شکل ۱ ح) شده است. اوج رسوب‌نمود با تأخیر نسبت به اوج آب‌نمود اتفاق افتاده و از حداکثر غلظت رسوب رگبار روز قبل (۱۳۸۸/۰۱/۲۳) ۲۳۰ درصد بیش‌تر است که این یافته با نتایج سییر و همکاران (۲۰۰۶) و صادقی و همکاران (۲۰۰۸) الف) مبنی بر کاهش غلظت رسوب در رگبارهای متوالی و نقش کنترل‌کنندگی در غلظت رسوب معلق مغایرت دارد. دلیل افزایش غلظت رسوب معلق در رگبار ۲۴ فروردین می‌تواند ناشی از ضعف مقدار رگبار ۱۳۸۸/۰۱/۲۳ در رساندن رسوب تولید شده به خروجی (نقطه کنترل) باشد. اگر چه ایجاد تنش‌های مکرر ناشی از تغییرات شدت بارندگی در طول رگبار را نیز می‌توان دلیلی دیگر بر این پاسخ هیدرولوژیکی به حساب آورد.

نتیجه‌گیری

تحلیل رسوب‌نمودهای معلق رگبارهای به‌وقوع پیوسته در حوزه آبخیز خامسان طی دوره تحقیق مؤید پیچیدگی و ناهمگنی خصوصیت واکنش رسوب معلق طی یک رگبار و تأثیرپذیری زیاد آن از ویژگی‌های دبی و بارش است و سبب درک بهتر فرآیندهای حاکم بر سامانه آبخیز می‌شود. به‌طور متوسط در هر رگبار با میزان بارش $۸/۵ \pm ۲/۷$ میلی‌متر، رسوب معلقی بالغ بر ۲۵۱۷ ± ۲۰۹۰ کیلوگرم از حوزه آبخیز معرف خامسان خارج شده است و با توجه به این که حوزه مذکور یکی از آبخیزهای تأمین کننده آب سد گاوشان است آگاهی از مقدار تغییرات رسوب در رگبارهای مختلف حائز اهمیت است. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، تحلیل دقیق‌تر و فرآیندی شرایط حاکم بر تولید رسوب در

تحلیل مفهومی رگبار ۲۰ اسفند ۱۳۸۷ طبق شکل (۱ الف) نشان داد شاخه بالا رونده آب‌نمود کاملاً از تضاریس موجود در باران‌نمود تبعیت می‌کند، درحالی‌که میزان تبعیت از روند و شدت این تضاریس در شاخه بالارونده رسوب‌نمود کم‌تر است. حداکثر غلظت رسوب معلق ناشی از این رگبار زودتر از اوج آب‌نمود اتفاق افتاده است و بیان‌گر وجود رسوب‌نمود با اوج زودرس و حلقه سنجه رسوب مثبت یا ساعت‌گرد (شکل ۱ ب) در این رگبار است. در این ارتباط جانسون (۲۰۰۲) و صادقی و همکاران (۲۰۰۸) تأمین رسوب از درون کانال رودخانه و نواحی اطراف را باعث وقوع زود هنگام اوج رسوب نسبت به اوج دبی جریان و در نتیجه حلقه ساعت‌گرد عنوان کرده‌اند. همچنین سیگر و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد تحت شرایط عادی جریان زمانی که حوزه آبخیز بسیار مرطوب باشد به‌وجود می‌آیند که با توجه به وقوع این رگبار در اسفند و بالا بودن رطوبت خاک این شرایط برای حوزه مذکور نیز متصور می‌باشد.

رسوب‌نمود رگبار ۱۶ فروردین ۱۳۸۸ (شکل ۱ ج) دارای دو اوج است. اوج اول زودرس و مربوط به تخلیه سریع منابع رسوبی موجود در کناره‌های آبراهه و مواد فرسایش یافته می‌باشد و منجر به تشکیل حلقه ساعت‌گرد (شکل ۱ د) شده است. حال آن‌که اوج دوم با تأخیر روی داده و مقدار آن از اوج اول بیش‌تر و باعث ایجاد حلقه پاد ساعت‌گرد شده است. روویرا و باتالا (۲۰۰۶) منابع رسوبی سرشاخه‌ها و مناطق بالادست را مسئول اوج ثانویه در رسوب‌نمودها می‌دانند. دقت در باران‌نمود این رگبار به‌روشنی تأثیر تغییرات شدت بارش در غلظت رسوب معلق را نمایان می‌سازد، به‌گونه‌ای که باران‌نمود این رگبار نیز دارای دو اوج است که زودتر از اوج‌های رسوب‌نمود اتفاق افتاده‌اند. براسینگتون و ریچارد (۲۰۰۰) نیز تبعیت شکل رسوب‌نمود از باران‌نمود را به‌دلیل غالبیت تأمین رسوب از فرسایش سطحی نسبت به حمل مواد درون کانال می‌دانند.

تحلیل رسوب‌نمود رگبار روز ۲۳ فروردین ۱۳۸۸ (شکل ۱ ه) تأخیر زمانی وقوع اوج غلظت رسوب معلق نسبت به اوج دبی و تشکیل حلقه سنجه پادساعت‌گرد (شکل ۱ ز) را نشان داده است. وقوع اوج دیررس در رگبارهای اوایل فصل بهار حوزه آبخیز مذکور می‌تواند ناشی از پاسخ آرام رواناب حاصل

- 10- Sadeghi S.H.R. Mizuyama T. Miyata S. Gomi T. Kosugi K. Fukushima T. Mizugaki S. and Onda Y. 2008 a. Development, Evaluation and Interpretation of Sediment Rating Curves for a Japanese Small Mountainous Reforested Watershed. *Geoderma* 144: 198-211.
- 11- Sadeghi S.H.R. Mizuyama T. Miyata S. Gomi T. Kosugi K. Mizugaki T.F. and Onda Y. 2008 b. Determinant Factors of Sediment Graphs and rating Loops in a Reforested Watershed. *Journal of Hydrology* 356: 271–282.
- 12- Sadeghi S.H.R. Saeidi P. Noor H. and Raeisi M.B. 2009. Understanding sediment yield processes in a Hyrcanian forest watershed, In: *Proceedings of International Conference on Land Conservation-LANDCON0905*, Tara Mountain Park, 2009. Serbia: 119.
- 13- Sayer A.M. Walsh R.P.D. and Bidin K. 2006. Pipeflow suspended sediment dynamics and their contribution to stream sediment budgets in small rainforest catchments, Sabah, Malaysia. *Forest Ecology Management* 224: 119–130.
- 14- Seeger M. Errea M.P. Beguería S. Arnáez J. Martí C. and García-Ruiz J.M. 2004. Catchment Soil Moisture and Rainfall Characteristic as Determinant Factors for Discharge/Suspended Sediment Hysteretic Loops in a Small Headwater Catchment in the Spanish Pyrenees. *Journal of Hydrology* 288: 299–311.
- 15- Subramanya K. 2001. *Engineering Hydrology*. 2nd edition. New Delhi. India. 391pp.
- 16- Walling D.E. Collins A.L. Sickingabula H.A. and Leeks G.J.L. 2001. Integrated Assessment of Catchment Suspended Sediment Budgets: A Zambian Example. *Land and Degradation Development* 12: 387-415.
- 17- Walling D.E. and Webb D.W. 1981. The Reliability of Suspended Sediment Load Data, In: *Erosion and Sediment Transport (Proc. of Florence Symp)*. IAHS Publ. 133: 177-194
- 18- Zabaleta A. Martínez M. Uriarte J.A. and Antigüedad I. 2007. Factors Controlling Suspended Sediment Yield during Runoff Events in Small Headwater Catchments of the Basque Country. *Catena* 71: 179–190.

حوزه آبخیزمورد مطالعه از طریق جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات جامع و همه جانبه و با تأکید بر ویژگی‌های دینامیک حوزه آبخیز برای تحقیقات بعدی، پیشنهاد می‌شود.

منابع

- ۱- اداره کل منابع طبیعی استان کردستان. ۱۳۷۹. گزارش مطالعات پایه حوزه آبخیزمعرفت خامسان. ۹۸ص.
- 2- Alexandrov Y. Laronne J.B. and Reid I. 2007. Intra-Event and Inter-Seasonal Behavior of Suspended Sediment in Flash Floods of the Semiarid Northern Negev. *Israel. Geomorphology* 85(1-2): 85-97.
- 3- Brasington J. and Richards K. 2000. Turbidity and Suspended Sediment Dynamics in Small Catchments in the Nepal Middle Hills. *Hydrological Processes* 14: 2559–2574.
- 4- Das G. 2000. *Hydrology and Soil Conservation Engineering*. Prentice-hal of India Press. 486p.
- 5- Jansson M.B. 2002. Determining Sediment Source Areas in a Tropical River Basin. *Costa Rica. Catena*. 47: 63–84.
- 6- Lana-Renault N. Regüés D. Martí-Bono C. Beguería S. Latron J. Nadal E. Serrano P. and García-Ruiz J.M. 2007. Temporal Variability in the Relationships Between Precipitation, Discharge and Suspended Sediment Concentration in a Mediterranean Mountain Catchment. *Nordic Hydrology* 38(2): 139–150.
- 7- Nadal-Romero E. Regues D. and Lateron J. 2008. Relationships among Rainfall, Runoff, and Suspended Sediment in a Small Catchment with Badland, *Catena* 74: 127-136.
- 8- Rendon- Herro O. 1974. Estimation of Wash Load Produced on Certain Small Watershed. *Journal of Hydraulics Division HY7 (100)*: 848-853.
- 9- Rovira A. and Batalla R. 2006. Temporal Distribution of Suspended Sediment Transport in a Mediterranean Basin: The Lower Tordera (NE SPAIN). *Geomorphology* 79:58-71.