

ACCORDO DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA
TRA REGIONE TOSCANA E
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE
DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE
PER

***ATTIVITA' DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
NELLA REGIONE TOSCANA***

Macroattività B - Modellazione idrologica

Attività B2:

**Modellazione idrologica caso pilota.
Implementazione modello distribuito per la
Toscana MOBIDIC
Addendum: Parametrizzazione HMS**

Fabio CASTELLI

RELAZIONE TECNICA FINALE
Novembre 2014

Introduzione

La calibrazione del modello MOBIDIC sul bacino pilota dell'Ombrone Pistoiese ha consentito la stima oggettiva di parametri fisicamente basati sul suolo e sul reticolo idrografico. Tali parametri possono essere utilizzati, direttamente o indirettamente, in altri modelli idrologici per il calcolo delle portate di piena.

Di particolare interesse per il Servizio Idrologico Regionale è la possibilità dell'utilizzo del modello HEC-HMS, di tipo ad evento e semi-distribuito (USACE, 2000). Tale modello consente la selezione di diversi schemi di calcolo per le principali componenti da questo previste: deflusso efficace, formazione della piena, propagazione lungo le aste principali del reticolo.

Una differenza sostanziale fra MOBIDIC e HMS è che il primo utilizza una descrizione territoriale pienamente distribuita, basata su un modello digitale del terreno a maglia quadrata, mentre il secondo è comunemente utilizzato in forma semi-distribuita. In tal impostazione, HMS suddivide il bacino idrografico nei principali sottobacini, sui quali devono essere definiti in forma mediata i diversi parametri del suolo e dei versanti. Ciò si riflette in maniera non banale su come i parametri, pur fisicamente basati, possono essere trasferiti da un modello all'altro.

Per quanto riguarda i parametri del suolo, ad esempio, gli schemi di infiltrazione basati sull'equazione di Richards e sue semplificazioni mostrano un comportamento altamente non lineare rispetto al principale parametro di controllo, la conducibilità idraulica, che può variare di diversi ordini di grandezza anche su brevi distanze spaziali (Rodriguez-Iturbe *et al.*, 1995). Medie di tipo aritmetico di tale parametro su areali anche di pochi kmq portano generalmente a forti sottostime del deflusso superficiale, perdendosi il ruolo fondamentale a sogli delle zone a più bassa permeabilità (Castelli, 1996). Un trasferimento più diretto delle informazioni dai parametri del suolo messi a punto per MOBIDIC ai parametri richiesti per il calcolo del deflusso superficiale in HEC-HMS può essere più agevolmente ed efficacemente effettuato con riferimento a schemi concettuali, quali il metodo SCS-CN, appositamente formulati per areali di dimensione indefinita.

Le differenze sono ancora più accentuate per quanto riguarda il processo di formazione della piena, fortemente dipendente dalla dinamica dello scorrimento sui versanti e di confluenza lungo il reticolo minore. Tali processi sono esplicitamente modellati in MOBIDIC, essendo pienamente distribuito, mentre l'approccio semi-distribuito di HEC-

HMS utilizza schemi basati sull'idrogramma unitario e sue varianti i cui parametri sono strettamente legati alla dimensione delle unità (sottobacini) in esso esplicitamente rappresentate. Non è quindi possibile definire un criterio di trasferimento dei parametri da MOBIDIC ad HEC-HMS utilizzabili per la componente di formazione della piena che possa prescindere dalla specifica implementazione di HMS.

I due modelli risultano invece molto simili per quanto riguarda la propagazione delle onde di piena lungo il reticolo principale, in quanto utilizzano schemi di calcolo e definizione dei parametri molto simili (es: Musingum-Cunge).

Parametri del suolo in MOBIDIC e parametri SCS-CN in HEC-HMS

Come noto, il metodo di calcolo del deflusso superficiale con lo schema SCS-CN richiede la stima di un parametro fondamentale, denominato appunto *Curve Number*, ottenibile tramite l'incrocio di classificazioni indipendenti sulle caratteristiche idrologiche del suolo e sull'uso del suolo (USDA, 1986).

Secondo la formulazione corrente, le proprietà idrologiche dei suoli (*HSG*) sono raggruppate in quattro classi, così descritte:

HSG Group A (low runoff potential): Soils with high infiltration rates even when thoroughly wetted. These consist chiefly of deep, well-drained sands and gravels. These soils have a high rate of water transmission (final infiltration rate greater than 0.3 in./h).

HSG Group B Soils with moderate infiltration rates when thoroughly wetted. These consist chiefly of soils that are moderately deep to deep, moderately well drained to well drained with moderately fine to moderately coarse textures. These soils have a moderate rate of water transmission (final infiltration rate of 0.15 to 0.30 in./h).

HSG Group C: Soils with slow infiltration rates when thoroughly wetted. These consist chiefly of soils with a layer that impedes downward movement of water or soils with moderately fine to fine textures. These soils have a slow rate of water transmission (final infiltration rate 0.05 to 0.15 in./h).

HSG Group D (high runoff potential): Soils with very slow infiltration rates when thoroughly wetted. These consist chiefly of clay soils with a high swelling potential, soils with a permanent high water table, soils with a claypan or clay layer at or near the surface,

and shallow soils over nearly impervious materials. These soils have a very slow rate of water transmission (final infiltration rate less than 0.05 in./h).

I parametri del suolo definiti per MOBIDIC si basano sullo specifico studio effettuato dalla *Soildata s.r.l. di Lorenzo Gardin*, nell'ambito del quale è stata prodotta la nuova mappa di suoli della Regione Toscana riportante varie informazioni quantitative sullo strato superficiale (30cm) e subsuperficiale (150 cm). Queste includono la prevalente classe tessiturale USDA. Da questa è possibile desumere la classe *HSG* secondo le indicazioni di Schoeneberger *et al.* (1998). La mappa risultante è mostrata in Figura 1.

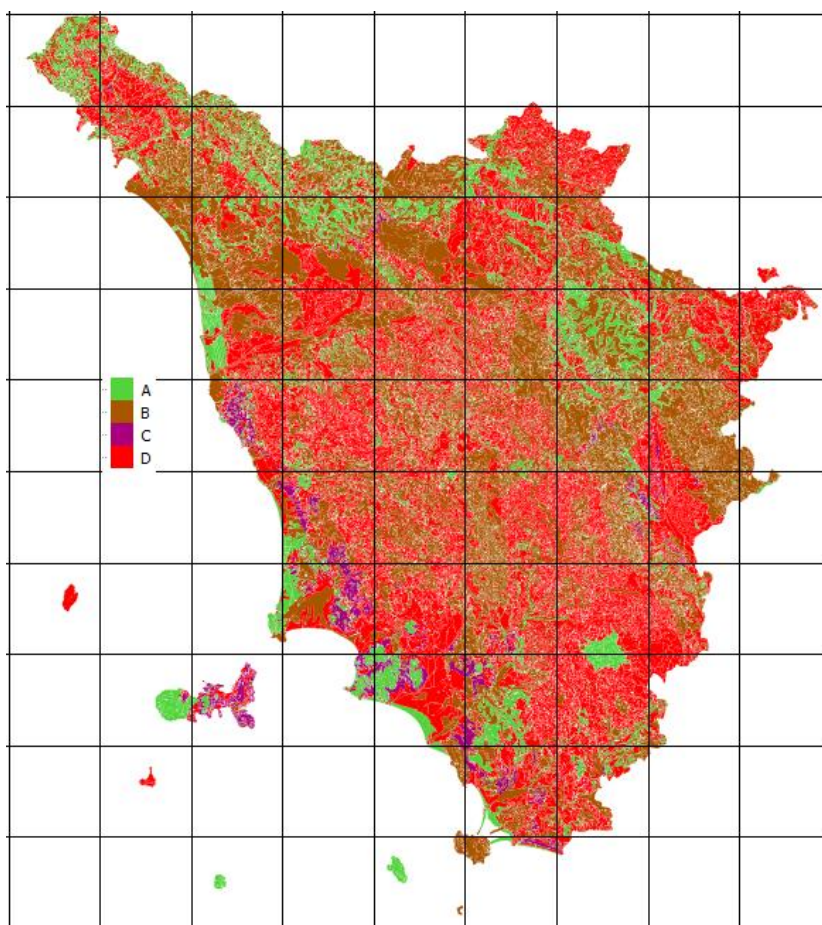


Figura 1 - Classificazione HSG de suoli della Toscana.

Per quanto riguarda l'informazione sull'uso del suolo, il miglior compromesso fra livello di dettaglio di classificazione, risoluzione spaziale e aggiornamento temporale è costituito dallo strato informativo Corine Land Cover aggiornamento 2006 (Figura 2). La sua applicazione però non è immediata, in quanto le tabelle ufficiali del *CN* prevedono una specifica classificazione dell'uso del suolo che tiene conto anche delle diverse pratiche colturali (USDA, 1986). A tal fine è stata quindi qui definita una specifica tabella di attribuzione, riportata qui sotto.

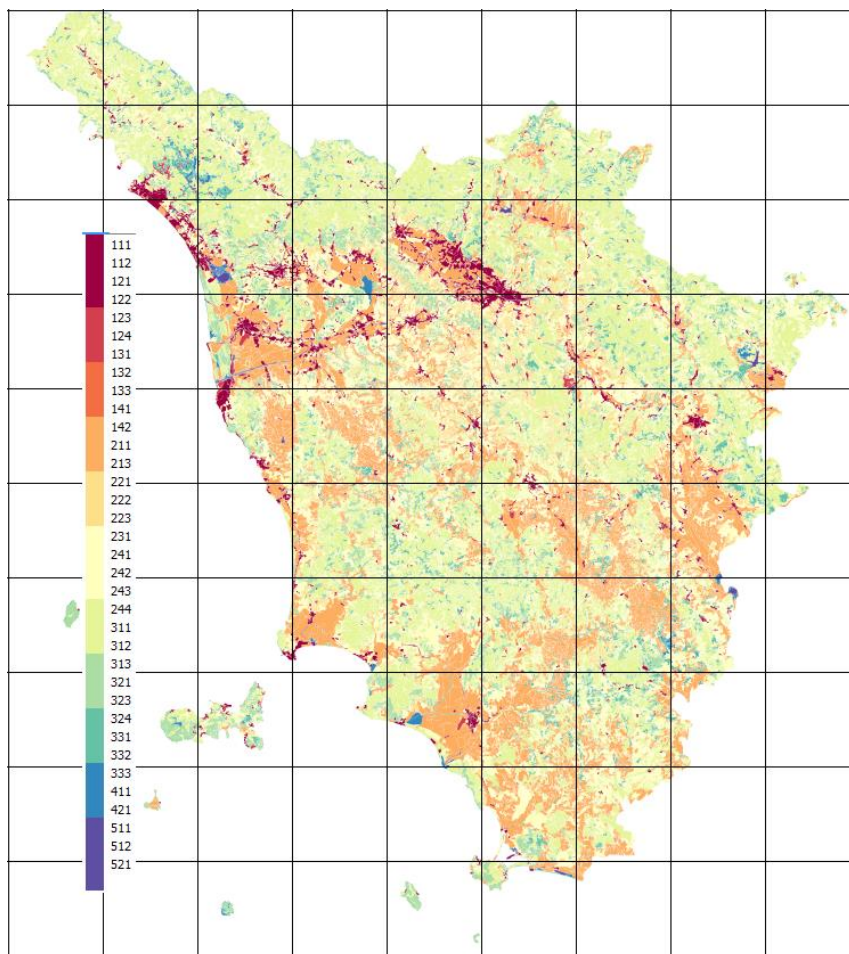


Figura 2 - Corine Land Cover 2006

Corine LIVELLO 3	SCS-CN per diversi HSG				Rif. USDA 1986
	A	B	C	D	
111 - Tessuto urbano continuo	89	92	94	95	Commercial and business (85% imp.)
112 - Tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92	1/8 acre or less (town houses) (65% imp.)/small>
121 - Unità industriali o commerciali	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
122 - Reti di strade e binari e territori associati	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
123 - Aree portuali	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
124 - Aeroporti	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
131 - Luoghi di estrazioni di minerali	76	85	89	91	Gravel (including right of way)
132 - Discariche	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
133 - Luoghi di costruzione	77	86	91	94	Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation)
141 - Aree di verde urbano	49	69	79	84	Fair condition (grass cover 50 to 75%)
142 - Strutture di sport e tempo libero	68	79	86	89	Poor condition (grass cover <50%)

211 - Seminativi non irrigati	61	73	81	84	Contoured (C)
212 - Suolo permanentemente irrigato	67	78	85	89	Straight row (SR)
213 - Risaie	62	71	78	81	Contoured & terraced (C&T)
221 - Vigneti	76	85	90	93	Crop residue cover
222 - Frutteti e frutti minori	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
223 - Oliveti	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
231 - Pascoli	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
241 - Colture annuali associate a colture permanenti	61	73	81	84	Small grain
242 - Coltivazione complessa	61	73	81	84	Small grain
243 - Suoli principalmente occupati dall'agricoltura	61	73	81	84	Small grain
244 - Aree di agro-selvicoltura	43	65	76	82	Small grain
311 - Foreste a latifoglie	36	60	73	79	Woods
312 - Foreste a conifere	36	60	73	79	Woods
313 - Foreste miste	36	60	73	79	Woods
321 - Prateria naturale	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
322 - Lande e brugheria	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
323 - Vegetazione sclerofila	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
324 - Transizione suolo boscoso/arbusti	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
331 - Spiagge, dune e piani di sabbia	46	65	77	82	12% imp.
332 - Roccia nuda	96	96	96	96	Artificial desert landscaping
333 - Aree scarsamente vegetate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
334 - Aree bruciate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
335 - Ghiacciai e nevi perenni	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
411 - Paludi interne	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
412 - Torbiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
421 - Paludi di sale	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
422 - Saline	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
423 - Piani intertidali	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies

511 - Corsi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
512 - Corpi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
521 - Lagune costiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
522 - Estuari	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
523 - Mare	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies

L'applicazione di tale tabella porta quindi alla mappa di CN riportata in Figura 3.

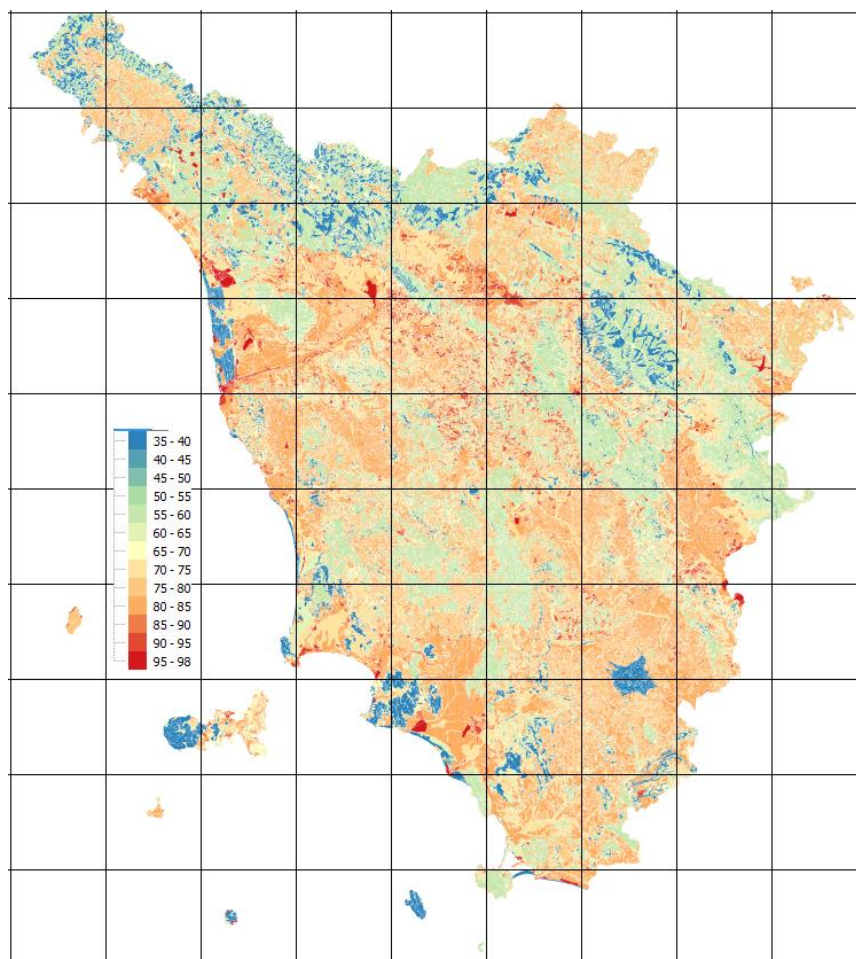


Figura 3 - Valori di Curve Number (CN-II) per la Toscana

Parametri di *routing* nel reticolo idrografico principale

Numerosi studi hanno dimostrato che la celerità varia a seconda delle caratteristiche del tratto fluviale considerato (Saco e Kumar, 2002 , Botter e Rinaldo, 2003).

In particolare, gli elementi geomorfologici della struttura del reticolo su cui può essere basata la modellazione la stima della celerità di propagazione dell'onda di piena sono:

- l'ordine di Strahler

- l'area del bacino a monte

La predominanza di uno o l'altro fattore dipende dalla struttura geomorfologica del tratto di reticolo considerato; nella parte 'erosiva' (caratterizzata da pendenze più elevate) la celerità cresce con l'ordine; proseguendo nel reticolo quando si entra nelle zone di pianura tale dipendenza è invertita.

Per associare ai rami del reticolo di calcolo di Mobidic un valore di celerità basato sui suddetti parametri è stata messa a punto una metodologia che utilizza le informazioni ricavabili da sezioni note (scala di deflusso, geometria della sezione).

Per le sezioni sopra citate (in totale 24 stazioni), si stima la celerità come $c=dQ/dA$

Si definisce una relazione empirica tramite regressione multivariata fra celerità, area a monte e ordine di Strahler e si assegnano a tutti i rami di reticolo i valori di celerità con la relazione sopra trovata.

Effettuando l'analisi di regressione con i dati a disposizione il legame funzionale fra celerità, area a monte e ordine risulta:

$$c = 0.95 - 6.88 \cdot 10^{-5} \cdot A_{monte} + 0.5 \cdot \frac{\omega}{\omega_{max}}$$

dove

c = celerità dell'onda di piena nel tratto [m/s]

A_{monte} = area del bacino a monte [km²]

w = ordine di Strahler [-]

w_{max} = ordine massimo di Strahler del reticolo rappresentato

Con la metodologia sopra citata è stata ricavata la mappa delle celerità per tutti i corsi d'acqua della Regione Toscana (Figura 4) utilizzati da Mobidic ed utilizzabili direttamente in HEC-HMS.

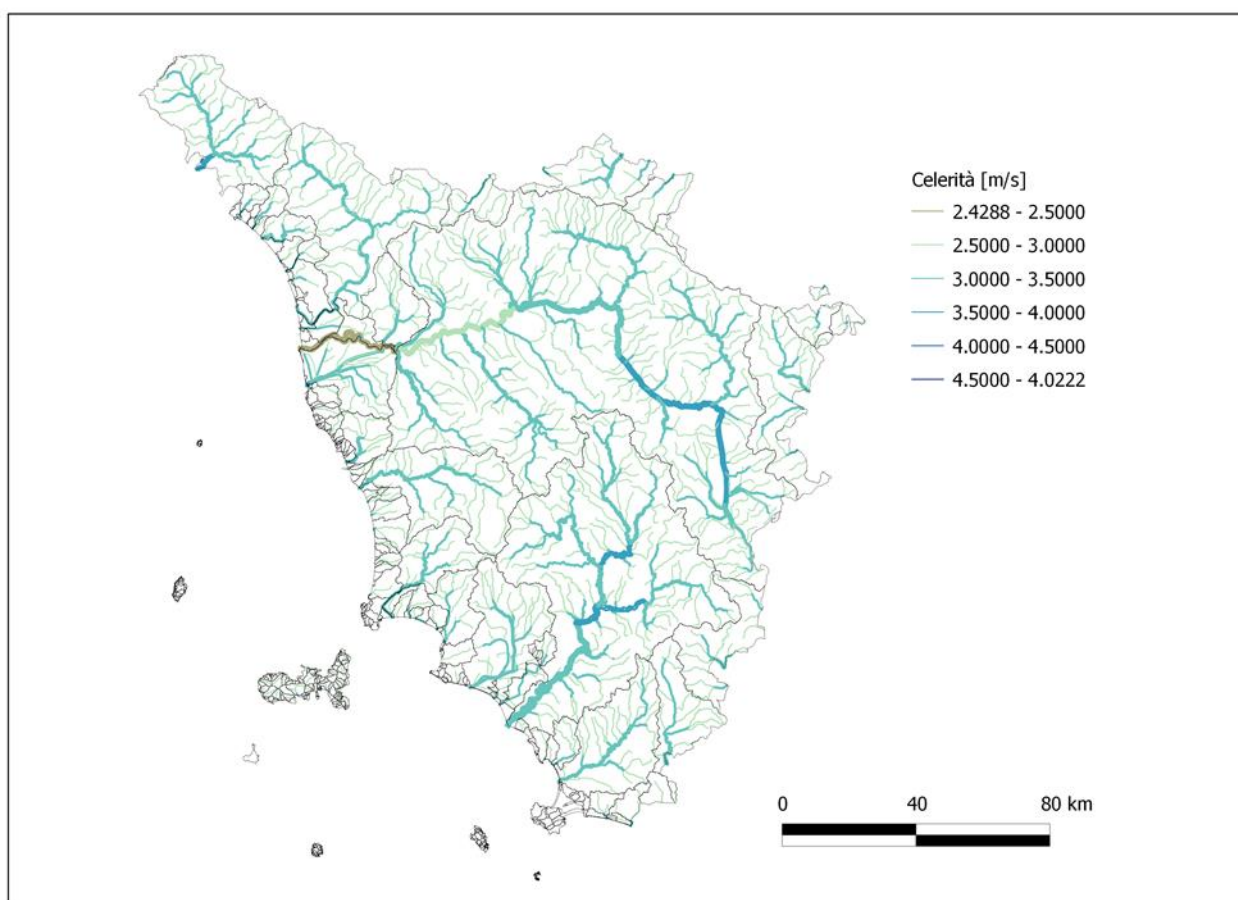


Figura 4 - Mappa delle celerità per il reticolo idrografico principale della Regione Toscana.

Bibliografia

Botter, G., and A. Rinaldo, 2003. Scale effect on geomorphologic and kinematic dispersion, *Water Resour. Res.*, **39**(10), 1286, doi:10.1029/2003WR002154.

Castelli, F., 1996. A simplified stochastic model for infiltration into a heterogeneous soil forced by random precipitation. *Advances in Water Resources*, **19**, 133-144.

Rodriguez-Iturbe, I., G. K. Vogel, R. Rigon, D. Entekhabi, F. Castelli and A. Rinaldo, 1995. On the spatial organization of soil moisture fields. *Geophysical Research Letters*, **22**, 2757-2760.

Saco, P. M., and P. Kumar, 2001. Kinematic dispersion in stream networks, 1, Coupling hydraulic and network geometry, *Water Resour. Res.*, **38**(11), 1244, doi:10.1029/2001WR000695.

Schoeneberger P.J., Wysocki D.A., Renham E.C., Broderson W.D., *Field book for describing and sampling soils*, Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, 1998.

USACE, Hydrologic Engineering Center, *Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual*, march 2000. www.usace.army.mil.

United States Department of Agriculture (1986). *Urban hydrology for small watersheds*. Technical Release 55 (TR-55) (Second Edition ed.). Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division.