

MODELARE HIDROLOGICA IN GIS. IMPLEMENTAREA MODELULUI SCS-CN PENTRU EVALUAREA SCURGERII

T. MAN¹, M. ALEXE¹

ABSTRACT. - Hydrologic modeling using GIS. Evaluating the surface runoff using SCS-CN model. The SCS-CN method is one the most popular method for computing surface runoff for rainfall event. This approach involves the use of simple empirical formula and readily available tables and curves. It is only one method, which can incorporate the land-use for computation of runoff from rainfall. SCS-CN method provides a rapid means for estimating runoff change due to land-use change. This article describes the methodology used to build and test the model for Ocna Sibiului Lake, taking into account a period of twenty-nine years (1971-2000).

*

1. INTRODUCERE

Modelul SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) este un model obținut experimental în vederea determinării volumului scurs utilizând informații despre sol, vegetație, condițiile hidrologice și condițiile antecedente privind umiditatea solului.

Metoda are la bază relația bilanțului hidric:

$$Q = P - F - L_i$$

unde: Q = volumul, F = pierderile prin infiltrație, L_i = suma pierderilor inițiale (intercepție, evapotranspirație, diferite retenții).

Estimarea scurgerii se face utilizând formula:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}, \text{ dacă } P \geq 0.2S$$

unde: Q = volumul, P = precipitații (ploi+topirea zăpezii), S = parametrii de retenție a apei

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

unde CN = f (sol, vegetație, managementul solului, condițiile de umiditate a solului).

În cadrul formulei de mai sus solul este clasificat în 4 clase (A, B, C, D), în funcție de proprietățile de infiltrare ale apei: A – capacitate de infiltrație ridicată, B - capacitate de infiltrație medie, capacitate de infiltrație scăzută, D - capacitate de infiltrație foarte scăzută.

¹ „Babeș-Bolyai” University, Faculty of Geography, 400006 Cluj-Napoca, Romania

Estimarea indicatorului CN (Curve number) pentru complexe de vegetație și sol în funcție de condițiile hidrologice ale acestora (sursa USDA-SCS, 1972)

Tabelul 1

Modul de utilizare	Managementul terenului	Condiția hidrologică	Grupul hidrologic de sol			
			A	B	C	D
Neutilizat	-	-	77	86	91	94
Culturi agricole	Rânduri	Slabă	72	91	88	91
		Bună	67	78	85	89
	Pe curbă de niv.	Slabă	70	79	84	88
		Bună	65	75	82	86
	Terasat	Slabă	66	74	80	82
		Bună	62	71	78	81
Cereale	Rânduri	Slabă	65	76	84	88
		Bună	63	75	83	87
	Pe curbă de niv.	Slabă	63	74	82	85
		Bună	61	73	81	84
	Terasat	Slabă	61	72	79	82
		Bună	59	70	78	81
Pajiști sau legume	Rânduri	Slabă	66	77	85	89
		Bună	58	72	81	85
	Pe curbă de niv.	Slabă	64	75	83	85
		Bună	55	69	78	83
	Terasat	Slabă	63	73	80	83
		Bună	51	67	76	80
Pășuni naturale	Pe curbă de niv.	Slabă	68	79	86	89
		Medie	49	69	79	84
		Bună	39	61	74	80
		Slabă	47	67	81	88
		Medie	25	59	75	83
		Bună	6	35	70	79
Fâneață	-	Bună	30	58	71	78
Pădure	-	Slabă	45	66	77	83
		Medie	36	60	73	79
		Bună	25	55	70	77

Managementul solului cuprinde indicatori privind categoriile de folosință ale terenului (necultivat, culturi agricole, pășuni, fânețe, păduri), modul de exploatare a terenului (terase) și condițiile de utilizare.

Condițiile de umiditate ale solului au un rol foarte important deoarece ele se repercutează în viteza de infiltrație, în acest scop fiind generată o tendință de infiltrație în funcție de cantitățile de precipitații căzute în ultimele 5 zile. În funcție de acestea condițiile de umiditate sunt: I – uscat, II – capacitatea medie de infiltrație, III – saturat.

Transformările între condițiile de umiditate se fac utilizând formulele de transformare și relația grafică de mai jos:

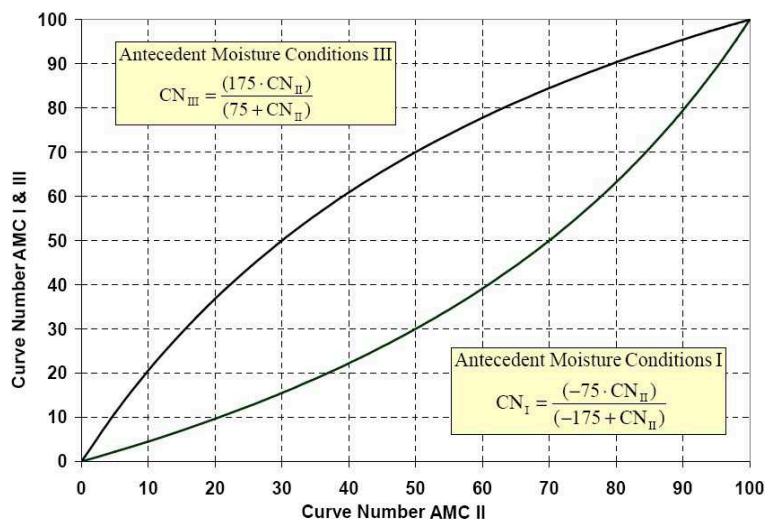


Fig. 1 Relația grafică și formulele de transformare pentru condițiile antecedente de umiditate I, II, III (după Luijten, Jones, Knapp, 2000)

2. METODOLOGIA DE CALCUL UTILIZÂND PROGRAMUL ARCVIEW

Prima etapă constă în importarea în cadrul proiectului a temelor reprezentând solul și vegetația. În cazul de față vegetația a fost derivată de pe baza de date CORINE Land Cover alcătuită în anul 1994. Solurile au fost obținute prin digitizare de pe hărțile de soluri 1:200000.

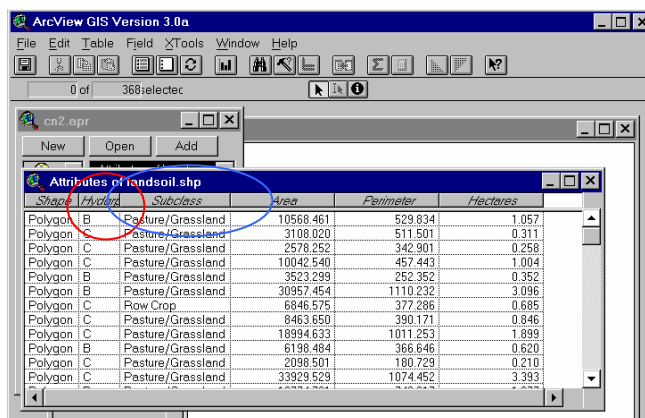


Fig. 2 Grupul hidrologic de sol și utilizarea terenului

Cele două teme au fost intersectate în vederea obținerii unei teme compozite în al cărei tabel de atribute să se regăsească atât caracteristicile vegetației cât și a tipurilor de sol. Practic în acest moment a fost obținută o hartă în care se regăsesc clasele de utilizare a terenurilor și grupurile hidrologice de sol (fig.2).

Etapa următoare va fi constituită de calcularea indicatorului CN, pentru fiecare tip hidrologic de sol din tabelul asociat temei și generarea unui nou câmp în care va fi stocată valoarea acestuia. Pentru aceasta se va utiliza tabelul de corelații (Tab.1).

Următoarea etapă a modelării se va constitui în calcularea scurgerii utilizând indicatorul de mai sus pentru o ploaie de 10 mm.

În acest scop tema reprezentând valoarea CN trebuie să se afle în regim de editare, iar calculele celorlalte parametri din ecuație vor fi generați după cum urmează:

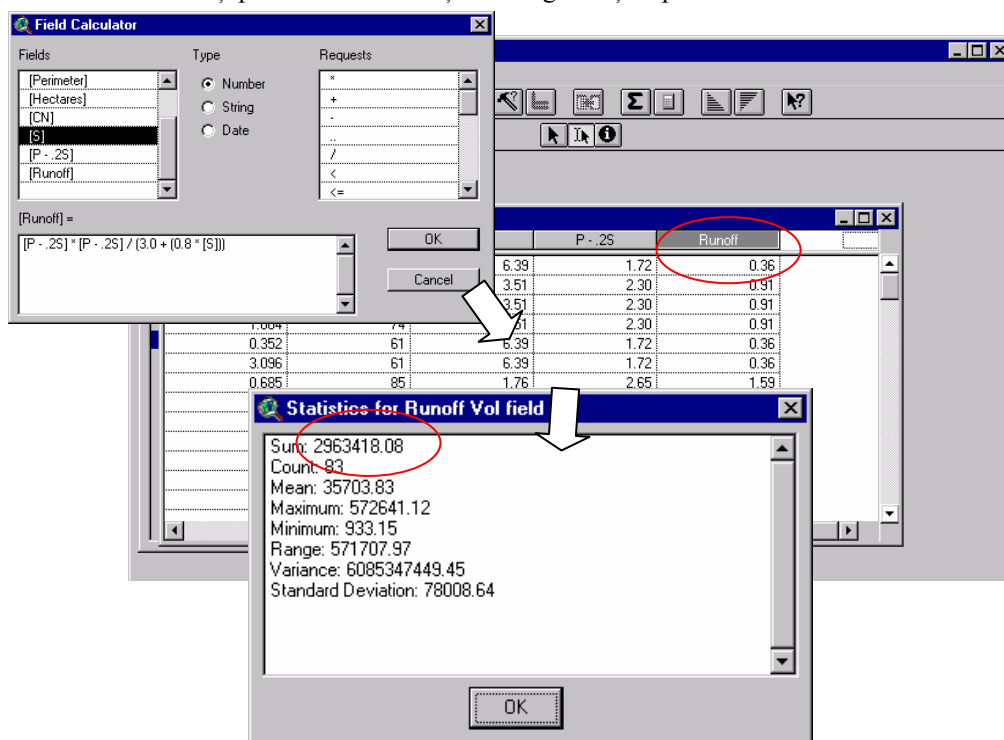


Fig. 3 Calcularea volumului scurs pentru fiecare element din temă și a volumului disponibil pentru formarea scurgerii

Evident nu toată această cantitate de apă va forma se va regăsi sub formă de volum scurs, aceștia calculându-se un timp de concentrare, după formula:

$$T_c = L^{0.8} [(1000/Q) - 9]^{0.7} / [4407 (S_g)^{0.5}] (B-8)$$

Unde:

T_c = timpul de concentrare în ore

L = lungimea maximă a scurgerii în m (Flow Length)

Q = scurgerea,

S_g = gradientul mediu al bazinului în m/m.

Metoda prezentată este larg utilizată în acest gen de aplicații pe plan mondial și se pretează în special la modelarea bazinelor hidrografice mici și medii (cu o suprafață de 50-100 km²).

3. CALIBRAREA ȘI VALIDAREA MODELULUI

Utilizarea modelului SCS-CN permite elaborarea unor hărți privind repartitia volumelor de apă scurse pe diferite sectoare ale arealului analizat. Pot fi reprezentate atât valorile scurgerii anuale cât și cele anotimpuale sau lunare.

Reprezentarea scurgerii anuale (fig. 4) relevă faptul că cele mai mari volume de apă provin din partea estică a zonei, caracterizată prin altitudini mai ridicate și pante ceva mai mari. O contribuție însemnată își aduc și versanții depresiunilor lacustre a căror înclinare accentuată favorizează scurgerea, alături de lipsa unui covor vegetal care să intercepteze o parte din precipitațiile căzute.

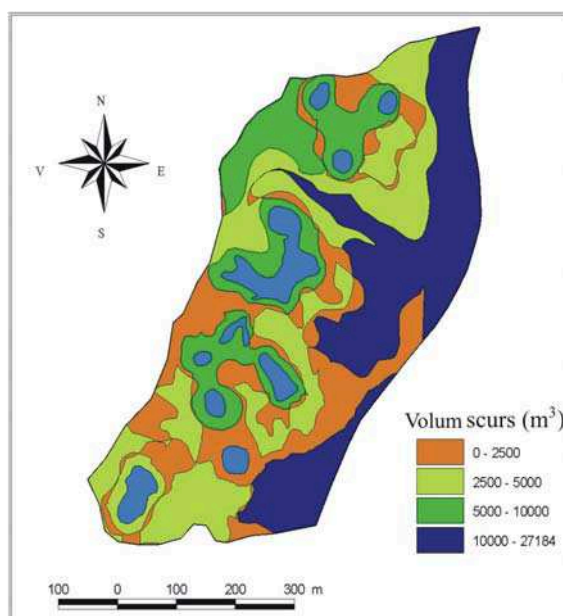


Fig. 4. Volumul scurgerii medii anuale (complexul lacustru Ocna Sibiului)

Scurgerea superficială (obținută prin calcule) alături de precipitațiile căzute direct pe oglinda apei lacurilor constituie aportul sau componenta pozitivă a ecuației de bilanț. Din bilanțul hidric anual calculat pentru intervalul 1971-2000, reiese că trebuie să existe pierderi de 1087,8 m³ (tabelul 2). Diferențele foarte reduse între valorile nivelului apei lacurilor, măsurat în 1973 de către T. Pânzaru și datele recente (anul 2000), ne îndreptătesc să considerăm nivelul relativ constant. În aceste condiții, rezultă un aport subteran care prin ecuația bilanțului se estimează la o valoare medie de 0,03 l/s. De altfel, circulația apelor subterane și legătura pe această cale dintre lacurile de la Ocna Sibiului a fost pusă în evidență în urma realizării unor foraje hidrogeologice.

Dacă analizăm bilanțul hidric pe sezoane, se observă că acesta este pozitiv iarna și toamna, în timp ce primăvara și vara este negativ. În timpul iernii, când precipitațiile cad îndeosebi sub formă de zăpadă, se produce un aport de apă superficial redus, iar evapotranspirația atinge cele mai mici valori, contribuind cu doar cu 3,37% la volumul pierderilor anuale; în aceste condiții diferența dintre intrări și ieșiri este cea mai mare din întregul an (peste 14500 m³).

Bilanțul hidric anual al complexului lacustru Ocna Sibiului (perioada 1971-2000)

Tabelul 2

Luna Termenul	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anual
Aport (precipitații și scurgere superficială)	6491,3	6265,6	7955,7	15956,9	24463,8	29837	26689,3	20460,5	17152,1	12622	9557,8	8116,6	185568,6
%	3,4981	3,3765	4,2872	8,5989	13,1832	16,0787	14,3825	11,0259	9,2430	6,8017	5,1505	4,3739	100
Evapotran- spiratie	1263,6	3773,8	11335	18847,5	28292,9	31453,1	34593,8	28724,6	16894,2	7837,5	2371,6	1268,8	186656,4
%	0,7964	2,0217	6,0726	10,0974	15,1577	16,8508	18,5334	15,3890	9,0509	4,1988	1,2705	0,6797	100
Diferența aport-pierderi	5227,7	2491,8	-3379,3	-2890,6	-3829,1	-1616,1	-7904,5	-8264,1	257,9	4784,5	7186,2	6847,8	-1087,8

BIBLIOGRAFIE

- Bernhardsen, T. (1992), *Geographic Information Systems*, Viak IT, Arendal, Norway.
- Burrough, P.A. (2001), *GIS and geostatistics: Essential partners for spatial analysis*, Environmental and Ecological Statistics, Nr. 8, Kluwer Academic Publisher.
- CORINE (1992), *Soil Erosion Risk and Important Land Resources in The Southern Regions of the European Community*,. EUR 13233, Luxembourg.
- Donisă, V., Donisă, I. (1998), *Dicționar explicativ de Teledetecție și Sisteme Informaționale Geografice*, Ed. Junimea.
- Imbroane, A., M., Moore, D. (1999), *Inițiere în GIS și teledetecție*, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Luijten, J., C., Jones, J., W., Knapp, E., B. (2000), *Spatial Water Budget Model and GIS Hydrological Tools*, ICASA.
- Maidment, D.R. (1992), *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill, Inc., NY.
- Meyer, L., D., Wishmeier, W., H. (1969), *Mathematical simulation of the process of soil erosion by water*, Trans. ASAE 12, 754-758.
- Overcash, M., R., Bingham, S., C., Westerman, P., W. (1981), *Predicting runoff pollutant reduction in buffer zones adjacent to land treatment sites*, Trans. ASAE 24, 430-435.
- Van der Knijff, J., M., Jones R., J., A., Montanarella, L. (2000), *Soil erosion risk assessment in Italy*, European Soil Bureau, Space Applications Institute, Joint Research Center of the European Commission.
- Wilson, J., P., Gallant, J., C. (2000), *Terrain Analysis, Principles and Applications*, John Wiley&Sons Inc.
- Yassoglou, N., Montanarella, L., Govers, G., Van Lynden, G., Jones, R.J.A., Zdruli, P., Kirkby, M., Giordano, A., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J. & King, D. (1998), *Soil Erosion in Europe*, European Soil Bureau.
- *** (1986), *Urban Hydrology for Small Watersheds*. TR-55, Soil Conservation Service, USDA, Washington, DC. 1986.