

# EROSION MODEL IN THE WIND EROSION PREDICTION SYSTEM

## ERÓZNY MODEL V SYSTÉME PROGNÓZY VETERNEJ ERÓZIE

**Grešová L., Stred'anský J.**

Department of Landscape Planning and Ground Design, Horticulture and Landscape Engineering Faculty, Slovak University of Agriculture in Nitra, Hospodárska 7, 94901 Nitra, Slovakia

E-mail: lenka.gresova@gmail.com, jozef.stredansky@uniag.sk

---

### ABSTRACT

Wind erosion is a serious problem on agricultural lands throughout the Slovakia as well as the world. The ability to accurately predict soil loss by wind is essential for, among other things, conservation planning, natural resource inventories, and reducing air pollution from wind blown sources. The wind erosion prediction system is designed to simulate soil loss by wind from cultivated fields by simulating weather and field conditions (Wagner, 1997). WEPS is process / based, continuous, daily time step model that simulates weather, field conditions and erosion by wind. It has the capability of simulating spatial and temporal variability of a field's soil, crop, and residue conditions and soil loss/deposition within a field. The objective of this work was to description of EROSION submodel, which simulates the components of soil loss/deposition over a rectangular field in response to wind speed, wind direction, field orientation, and surface conditions, on a sub / hourly basis. The erosion submodel calculates total, suspension, and PM – 10 soil loss/deposition at each grid cell in the field. The grid cell data are summarized in other parts of WEPS and reported to users as averages over the field for selected periods. There latter outputs are useful for evaluating off-site impacts in any given direction from the eroding field. The work is the extract of the User manual for WEPS 1.0 published by USDA-ARS Wind Erosion Research Unit, Manhattan Kansas, USA, February 2008.

**Key words:** wind erosion, wind erosion prediction system, erosion model,

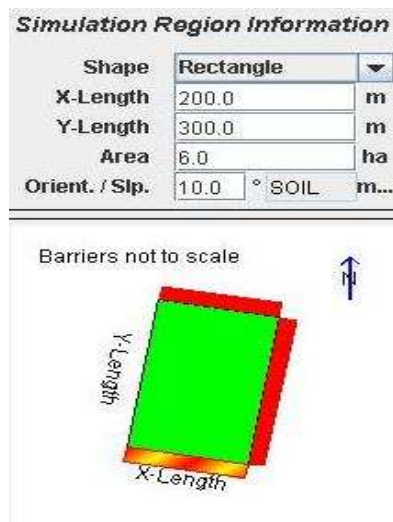
**Acknowledgments:** **napojenie príspevku na projekty VEGA (1/4412/07 – Integrované hodnotenie vybraných faktorov ovplyvňujúcich návrh všeobecných zásad funkčného usporiadania územia projektov komplexných pozemkových úprav 9, 1/4404/07 – Vplyv erózných procesov na zmenu organizácie poľnohospodárskej krajiny**

## ÚVOD

Veterná erózia je vážnym problémom na poľnohospodárskej pôde rovnako na Slovensku ako aj všade na svete. Schopnosť presne predvídať stratu pôdy vetrom je dôležité najmä z hľadiska plánovania ochrany krajiny, zásob prírodných zdrojov a redukcie znečistenia vzduchu z veterných zdrojov. USDA- Poľnohospodársky výskumný ústav (ARS) je vedúcou agentúrou na rozvoj WEPS modelu (Wind erosion prediction system – Systém prognózy veternej erózie) ARS je zodpovedný za vyvinutie vedeckého modelu. Systém prognózy veternej erózie (WEPS) je chod súvislých procesov, model časových krokov ktorý simuluje vietor, pôdne podmienky a eróziu. Má taktiež schopnosť simulovať časovú a priestorovú variabilitu pôdnych podmienok a straty pôdy na pôdnom celku. Dokáže simulovať komplexné pôdne tvary, bariéry, ktoré nie sú súčasťou hraníc pozemkov a komplexnej topografie. Saltácia, prevaľovanie, vznášanie a PM10 čiastočky erodovaných materiálov môžu byť individuálne zosumarizované v oblasti WEPS. WEPS je pôvodne navrhnutý na využitie v rôznych amerických podmienkach, ale jednoducho sa dá využiť aj v iných častiach sveta. WEPS dovoľuje užívateľovi vložiť vlastné dáta alebo použiť predtým pripravené databázové súbory. Systém prognózy veternej erózie (WEPS) je denným simulačným modelom, ktorého výstupom je priemerná strata pôdy a nánosy pôdy pre zvolené územie v čase. Je to aplikovateľné na jeden pôdny celok alebo sa dá aplikovať na niekoľko hraničiacich pôdnych celkov. Štruktúra WEPS pozostáva z prepojenia užívateľa, hlavného (MAIN) dohliadajúceho programu, siedmich submodelov a štyroch databáz. V tejto práci sa zaoberáme jedným zo siedmich submodelov a to Eróznym. Predmetom Erózneho submodelu je simulovať zložky pôdnej straty/zisku na obdĺžnikovom pôdnom celku účinkom rýchlosti vetra, smeru vetra, orientácie pôdneho celku a stavu povrchu na subhodinovej báze. Táto práca je výňatkom z užívateľského manuálu WEPS 1.0 (USDA-ARS, Wind Erosion Research Unit, Manhattan, Kansas, USA, február 2008).

## MATERIÁL A METÓDY

Jednou z prvých úloh na začiatku novej simulácie je popísať simulovaný pôdny celok a všetky prítomné bariéry.



Obr. 2. Informácie o veterných bariérach

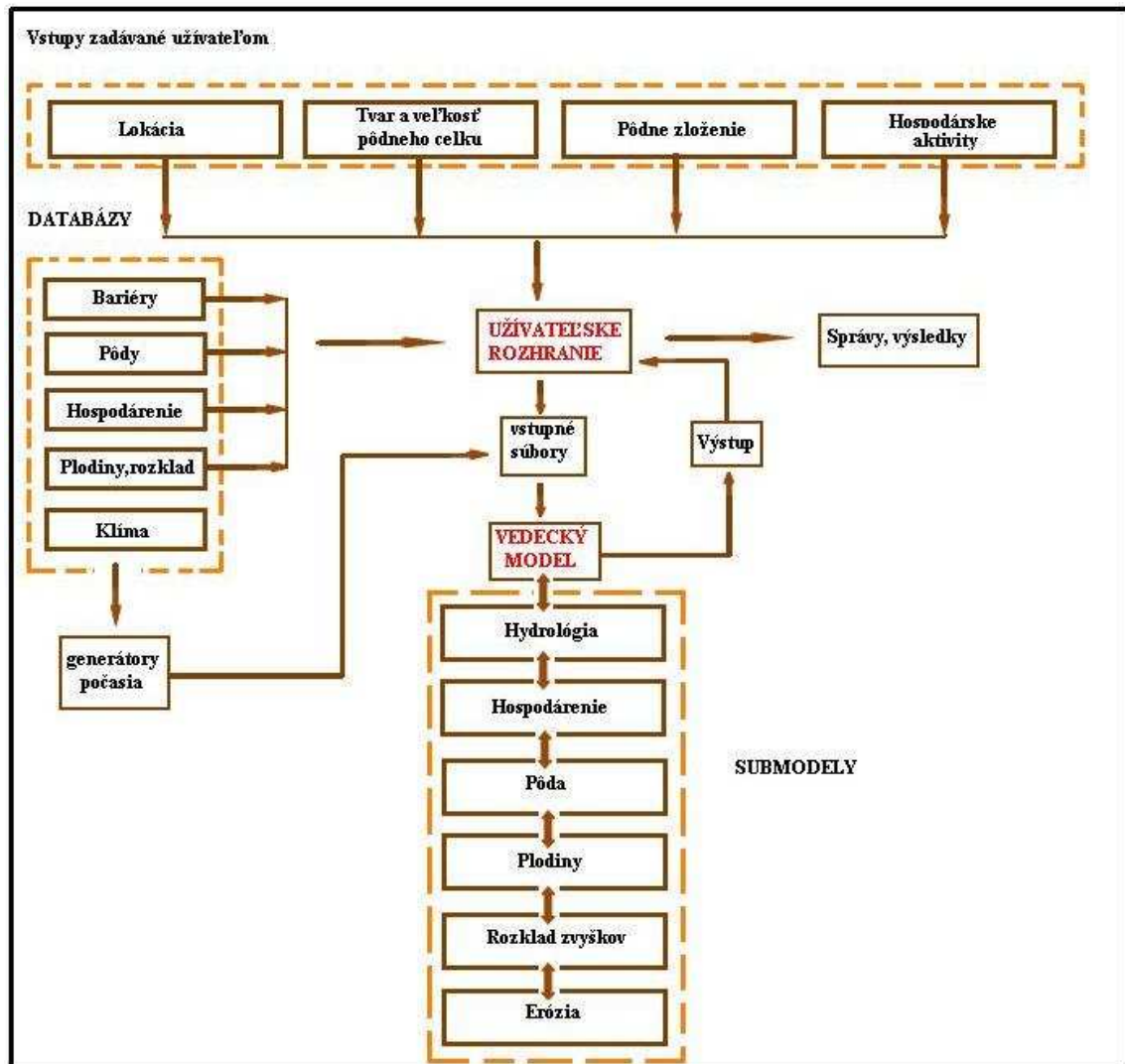
Obr. 1. Informácie o simulovanom pôdnom celku

Štruktúra WEPS pozostáva z prepojenia užívateľa, hlavného(MAIN) dohliadajúceho programu, siedmych submodelov a štyroch databáz. Väčšina submodelov v rámci WEPS používajú denné meteorologické predpovede (zo submodelu klimatických podmienok) ako prírodnú hnaciu silu fyzikálnych procesov, ktoré menia pôdne podmienky. Sedem submodelov modelov WEPS, každý založený na základných procesov, ktoré sa objavujú na pôdnych celkoch sa využívajú na predpovede a odhady veternej erózie.

### **Submodely:**

*Klimatické podmienky, Rast plodín, Rozklad rastlinných zvyškov, Hydrológia, Pôde podmienky, Erózia (Sila vetra sa využíva na fungovanie erózneho submodelu), Hospodárenie*

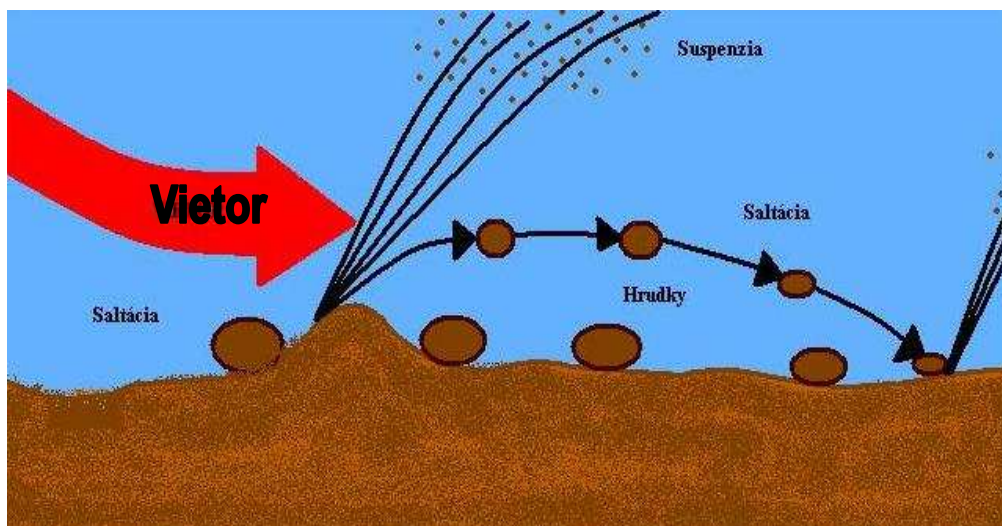
## Digitálna Štruktúra WEPS



(USDA-ARS, 2008)

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

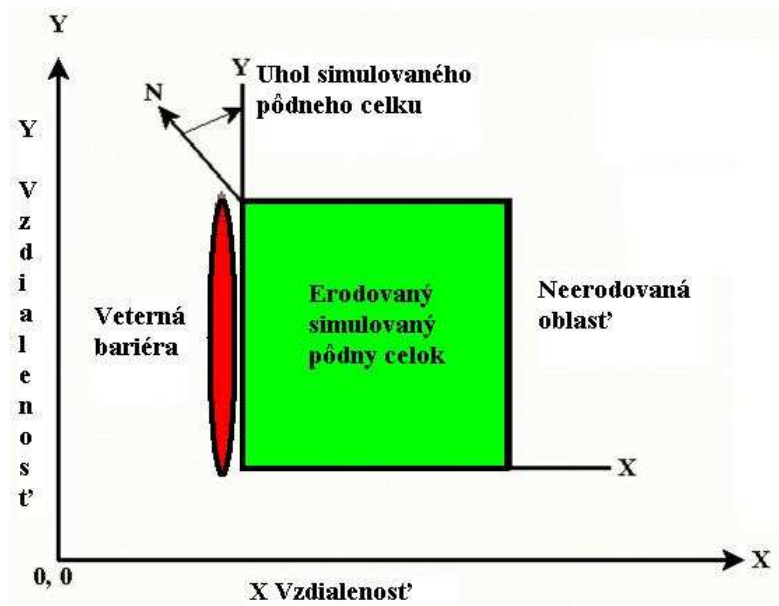
V skutočnosti pôdne celky nie sú homogénne, takže užívateľ si vyberie dominantný – kritický (spôsobujúci najväčšiu eróziu) stav pôdy alebo plodiny na simuláciu. Predmetom Erózneho submodelu je simulovať zložky pôdnej straty/zisku na obdĺžnikovom pôdnom celku účinkom rýchlosti vetra, smeru vetra, orientácie pôdneho celku a stavu povrchu, na subhodinovej báze. Bariéry môžu byť umiestnené na všetkých alebo na žiadnej z hraníc pôdneho celku. Ak sú bariéry prítomné, rýchlosť vetra sa znižuje v chránených častiach na oboch náveterných aj záveterných stranách bariér. Submodel predpokladá, že prah intenzity erózneho trenia môže začať pri akýchkoľvek povrchových podmienkach. Keď rýchlosť vetra presiahne prah, submodel ráta stratou alebo ziskom nános pôdy na skupine všetkých individuálnych rastrových buniek zastúpených na pôdnom celku. Strata pôdy je rozdelená podľa kategórií odosu váňaním, skokmi a vznášaním, pretože každá má osobitý transportný mód, ako aj mimo územný dopad.



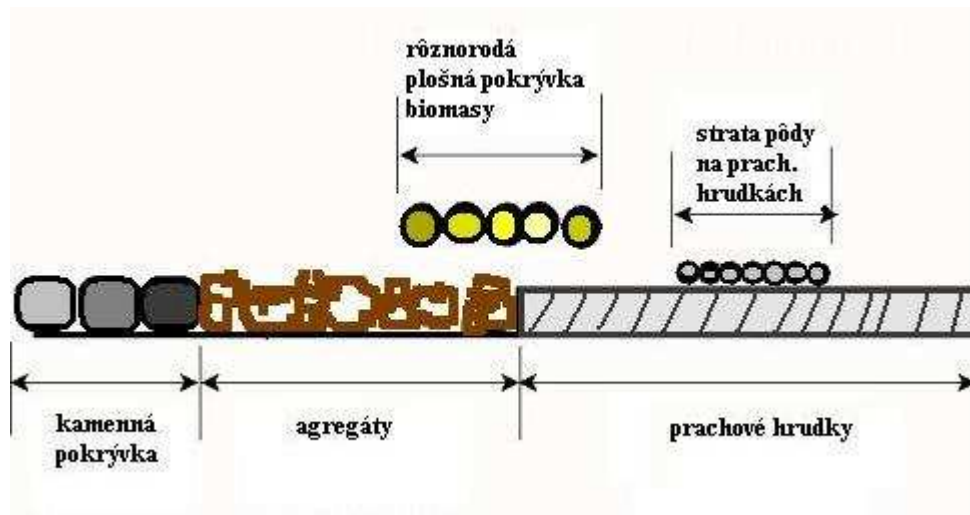
Obr. 4. Transportné módy veternej erózie: váľanie po povrchu, saltácia a suspensia. (USDA, SCS, 1989)

Povrch pôdneho celku je periodicky aktualizovaný počas erózneho javu na simulovanie povrchových zmien spôsobených eróziou. Aktualizácia povrchu počas erózneho javu zahŕňa zmeny distribúcie agregátnych zhlukov na povrchu, keďže najjemnejšie čiastočky sú odstraňované, drsné brázdy sú vyhladzované a ryhy sú vyplňané eróznym materiálom.

## SUBMODEL ERÓZIE

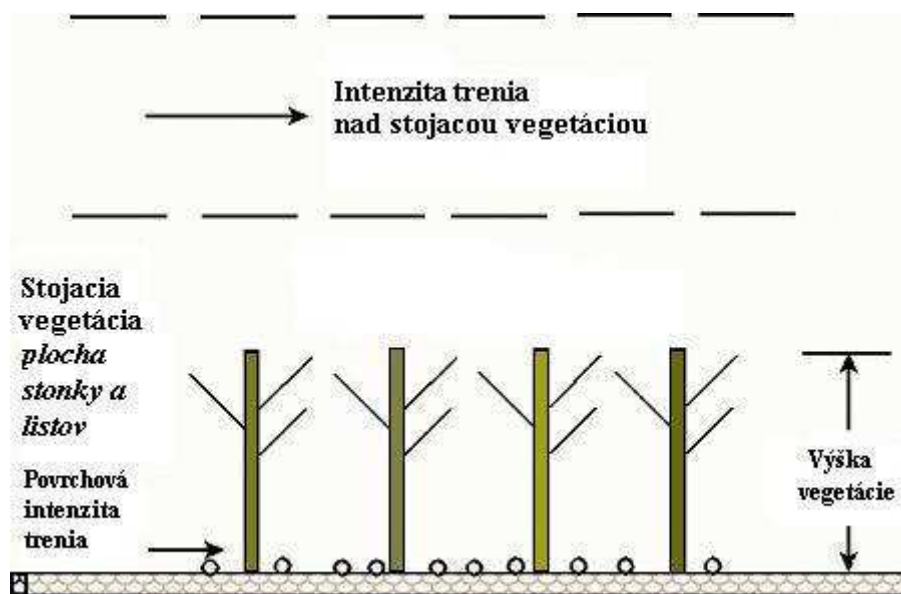


Obr. 5. Schematická konfigurácia simulovanej oblasti. Orientácia pôdneho celku, koncové body bariér, protiľahlé rohy obdĺžnikovej simulovanej oblasti sú vstupom do erózneho submodelu. (USDA-ARS, 2008)



Obr. 6. Parametre popisujúce pôdne podmienky na povrchu pôdy vstupujúce do erózneho submodelu. (USDA-ARS, 2008)

Povrchová drsnosť je zložená z cielenej a náhodnej drsnosti. Použité parametre sú štandardnou odchýlkou výšky povrchu pre náhodnú drsnosť a výšky, šírky vrcholu brázd a umiestnenia brázd pre cieľnú drsnosť. Povrchová pokrývka je znázornená v troch stupňoch. V prvom stupni, kamene, agregáty a hrudky zaberajú 100 percent povrchu. V druhom stupni, parametrom je frakcia hrudiek na povrchu pokrytá kyprou, erodovateľnou pôdou. Ak sa tam hrudky nenachádzajú tento parameter je vždy nulový. V treťom stupni, parametrom je frakcia celkového povrchu pokrytá plošnou, rôznorodou biomasou. Hustota a veľkosť agregátov sú pôdne parametre, ktoré udávajú pôdnu mobilitu. Suchá mechanická stabilita hrudiek je vstupným parametrom, ktorý indikuje ich odolnosť k abrázii vplyvom erodujúcej pôdy. Povrchová vlhkosť je tiež vstupom používaným na nárast prahu intenzity trenia, pri ktorom erózia začína.

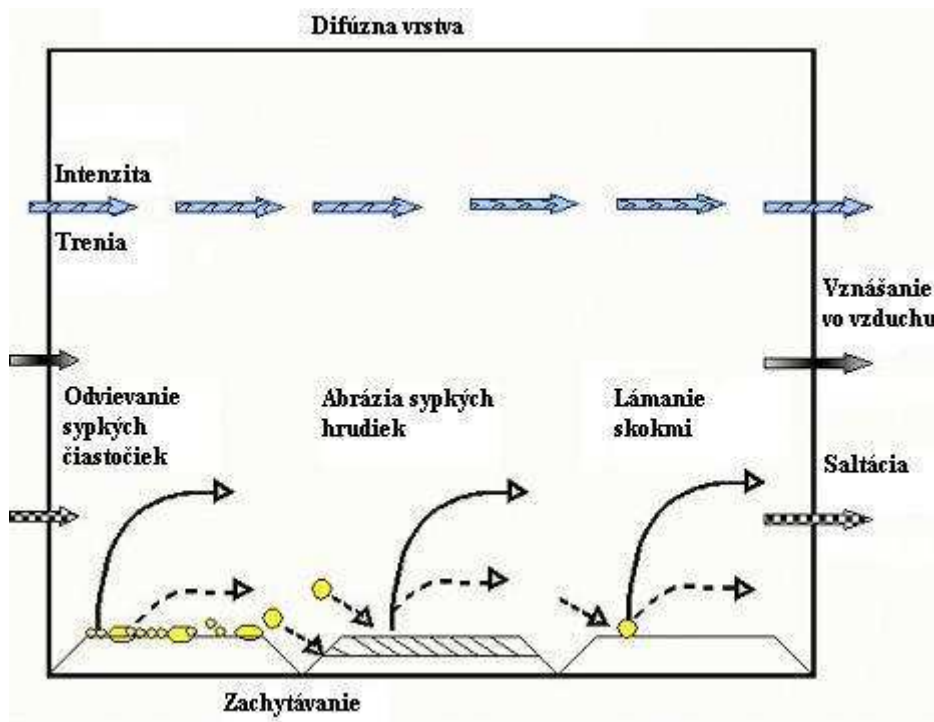


Obr. 7. Intenzita trenia nad stojacou vegetáciou, ktorá je redukovaná o intenzitu trenia pod stojacou vegetáciou. (USDA-ARS, 2008)

Rovnomerne usporiadaná stojacia vegetácia je 5 až 10 krát viac efektívnejšia v zamedzovaní veternej erózie ako plochá vegetácia, a preto stojacia vegetácia sa spracováva zvlášť. Intenzita trenia vetra nad stojacou vegetáciou je redukovaná o plochu listov a stoniek, aby získala intenzitu trenia na povrchu, ktorá je potrebná na spustenie erózie. (Obr. 5). Listy sú predstavované indexom listovej plochy a stonky indexom plochy stonkovej siluety.

Pôdny transport počas veternej erózie sa objavuje v troch režimoch: agregáty váľajúce sa na povrchu (0,80 – 2,0 mm v priemere), agregáty pohybujúce sa skokmi (0,1-0,80 mm) v priemere a agregáty vynášajúce sa vo vzduchu (s veľkosťou menej ako 0,01 mm) v priemere. Zmeny v intenzite trenia, hustoty agregátov a nanosených sedimentov samozrejme môžu zmeniť hmotu agregátov pohybujúcich sa v určitom režime. Saltácia a váľanie po povrchu sú simulované spoločne pretože majú limitovanú kapacitu transportu,

ktorá závisí najmä na intenzite trenia a povrchovej drsnosti. Vznášanie vo vzduchu je simulované tiež ako PM10 (roztrúsené čiastočky menšie ako 10 mikrometrov v priemere), ktoré predstavujú veľké zdravotné riziko.



Obr. 8. Procesy simulované submodelom veternej erózie na holom povrchu v jednotlivých rastrových bunkách. (USDA-ARS, 2008)

Viacnásobné fyzikálne procesy erózie sú simulované v eróznom submodeli, a tieto sú ilustrované v jednotlivých rastrových bunkách v obr. 7. Dva zdroje erodujúcej pôdy sú čiastočky kyprej pôdy a útržky pôdy oddelené z hrudiek. Tieto zdroje sú rozdelené medzi váľanie po povrchu a saltáciu na báze procesov a pôdných charakteristík.

### Výstupy erózneho modelu

Erózný model kalkuluje celkovú suspéznú stratu a stratu PM10 v každej rastrovej bunke na pôdnom celku. Dáta v rastrovej bunke sú sumarizované v ostatných častiach WEPS a hlásia užívateľovi priemerné hodnoty na pôdnom celku počas zvoleného obdobia. Tieto neskoršie výstupy sú užitočné na hodnotenie dopadov mimo miesta vzniku v akomkoľvek smere pre erodovaný pôdny celok.



## ZÁVER

WEPS je komplexný model veternej erózie s mnohými možnosťami pre vstupy a výstupy. Iba štyri typy informácií sa zadávajú na hlavnej obrazovke: 1) popis geometrie simulovaného regiónu definovaním rozmerov a orientácie pôdneho celku, 2) výberom lokality pre ktorú generujeme simulované poveternostné podmienky, 3) výberom pôdy, a 4) výberom manažmentu. Nové vstupné súbory sa zvyčajne vytvoria z predchádzajúcich vstupných súborov ako šablóna modifikovaná v užívateľskom rozhraní. Striedaním vstupov, osobitne pôdnym manažmentom, užívateľ môže porovnať viaceré alternatívy na kontrolu pôdnych strát. Interpretácia výstupov WEPS je integrálnou súčasťou využívania WEPS ako nástroja na rozvoj plánov ochrany pôdy pred veternou eróziou. WEPS bol navrhnutý ako náhrada prevládajúcej empirickej Rovnice veternej erózie ako nástroj prognózy pre tých, ktorí vytvárajú systémy protieróznej ochrany, riadia environmentálne plánovanie alebo zisťujú dopady mimo miesta vzniku zapríčinené veternou eróziou. WEPS bol navrhnutý predovšetkým na vytvorenie presnejších a detailnejších odhadov straty pôdy vetrom z poľnohospodárskej pôdy. Narastaním podielu mimo oblastných vplyvov veternej erózie na pôdu, vodu, a kvality vzduchu je schopnosť WEPS poskytovať kontrolu pôdnych strát veľmi užitočná. Napríklad, strata pôdy váľaním a saltáciou (skokmi) do cestných priekop alebo do odtokových kanálov ovplyvní kvalitu vody, takže pozornosť sa musí sústreďovať do týchto smerov straty pôdy. Podobne aj strata pôdy vznášaním vo vzduchu v oblastiach s vysokou populáciou sa dá simulovať pomocou WEPS a vytvárať kontrolné stratégie.

Schopnosť oddeliť pôdne straty váľaním po povrchu, skokmi, vznášaním vo vzduchu a čiastočky PM10 je ďalším pozitívnym prínosom WEPS. Každý z týchto komponentov má špecifické charakteristiky a účinok. Váľanie a saltácia sú typicky usadené lokálne kde ovplyvňujú kvalitu vody a pôdy, zasypávajú plodiny, cesty, závlahové kanály alebo sa zachytávajú v plotoch alebo vetrolamoch. Vznášaním vo vzduchu môžu byť častice zdvihnuté do vzduchu a prenášané na veľké vzdialenosti. Tým sa spôsobuje škoda na kvalite vzduchu, vzniká riziko zdravotných ťažkostí, redukuje sa viditeľnosť pozdĺž transportných systémov. Odhady pôdnych strát každého z týchto komponentov pomáhajú v hodnotení životného prostredia.

## **LITERATÚRA**

Hagen, L.J. 1995. WEPS technical documentation: Erosion submodel. SWCS WEPP/WEPS Symposium. Ankeny, IA.

Hagen, L.J., T.M Yobeck, E.L. Skidmore, and I. Elminyaw. 1995. WEPS technical documentation: Soil submodel. SWCS WEPP/WEPS Symposium. Ankeny, IA.

Toy T.J., Foster G.R., Renard K.G. 2002. Soil erosion: Processes, prediction, measurement, and control. John Wiley & Sons, Inc.. ISBN 0-471-38369-4

USDA – ARS Wind Erosion Research Unit. 2008. The Wind Erosion Prediction system, WEPS 1.0 User manual. Kansas USA.

Woodruff, N.P and F.H. Siddoway. 1965. A wind erosion equation. Soil Sci.Soc.Am. Proc. 29(5): 602-608