

# Manuál k programu SMODERP 2013

## I. Úvod

### O programu

Simulační Model Povrchového Odtoku a Erozního Procesu (SMODERP) - řeší srážkoodtokové vztahy a erozní procesy na svahu a jeho výstupy lze využít pro návrh prvků protierozní ochrany. Model simuluje plošný povrchový odtok a erozní procesy ze srážky proměnné intenzity v území o velikosti přibližně do 1,0 km<sup>2</sup>. Morfologické, půdní a vegetační poměry území mohou být proměnné.

Model je určen pro:

- pro stanovení charakteristik plošného povrchového odtoku (objem odtoku, kulminační průtok, rychlost, hloubka) ve zvolených profilech vyšetřovaného svahu a ve zvolených časových intervalech od počátku srážky,
- pro stanovení přípustné délky pozemku ve směru sklonu (odtoku) na základě krajního nevymílacího tečného napětí a krajní nevymílací rychlosti povrchového odtoku.

Tato verze programu navazuje na předchozí verze programu SMODERP, nicméně se do této verze promítlo několik změn. Tato verze modelu je naprogramována v prostředí MS Visual FoxPro. Nová verze modelu zachovává základní parametry a definice předchozích verzí modelu. Jedná se o epizodní fyzikálně založený lokální model pro výpočet erozní ohroženosti a odtokových charakteristik. Model respektuje dříve ověřené fyzikální vztahy. Do verze 10.01 byly zahrnuty následující změny:

- nově určené odtokové parametry pro jednotlivé kategorie půdních druhů podle Nováka,
- je možné zadávat libovolně dlouhé, na vrstevnicích nezávislé části svahu,
- model pracuje v jednotlivých elementech, jejich velikost je dána zvoleným charakterem řešeného profilu a určení přerušení svahu je stanovováno po těchto elementech,
- tato verze programu neobsahuje výpočet ztráty půdy.

### Využití modelu

Vyšetřovaný pozemek je definován jedním nebo více charakteristickými podélnými profily (t. j. charakteristickou dráhou povrchového odtoku). Každý z těchto úseků je vždy považován za konstantní z hlediska sklonu, a homogenní z hlediska půdních a vegetačních podmínek. Předpokládá se, že celý charakteristický profil je zasažen stejnou srážkou proměnné intenzity, jejíž periodicitu, dobu trvání, časový průběh a intenzitu si uživatel sám volí.

## Posouzení erozní ohroženosti

Určení míry erozního ohrožení na jednotlivých pozemcích patří mezi základní úlohy protierozní ochrany. Erozně ohroženým pozemkem chápeme z hlediska výpočtu pomocí modelu SMODERP takový pozemek, na kterém dojde k překročení krajní nevymílací rychlosti nebo krajního tečného napětí a na němž dochází k přechodu z plošného do soustředěného odtoku. Krom vlastního posouzení erozní ohroženosti je možné v rámci agrotechnických opatření SMODERP využít pro:

- návrh změny osevních postupů,
- posouzení ochranných travních pásů,
- posouzení pásového střídání plodin.<sup>1</sup>

## Výpočet návrhových charakteristik technických erozních opatření

Pro dimenzování technických protierozních opatření je potřeba zajistit návrhové hodnoty pro dimenzování technických opatření (objem odtoku, maximální průtok). SMODERP je možné pro tyto návrhy použít, předpokládá to například *ČSN 75 4500 – Protierozní ochrana*. Především se jedná o:

- určení charakteristik povrchového odtoku ve zvolených profilech (množství, průtok, rychlost, hloubka),
- odváděcí prvky (průlehy, příkopy, silnice s protierozní funkcí) 2,
- zasakovací prvky (zasakovací průlehy, hrázky) 2,
- prvky měnící podélný sklon (terasy, naorávané meze),
- dráhy soustředěného odtoku (údolnice),
- ochranné nádrže (akumulační nádrže, suché poldry).<sup>2</sup>
- dimenzování a posuzování příkopů, koryt, a propustků, 2
- dimenzování a posuzování malých vodních nádrží, které mohou být ohroženy přítoky a transportem splavenin z přívalové srážky. 2

## Poznámka k této verzi

Tato nová verze modelu navazuje na předešlé, v praxi ověřené a rozšířené verze modelu (5.01 a verze pro DOS). Po výpočetní stránce došlo k několika změnám (je možné, že se výsledky obou verzí budou mírně lišit), které jsou způsobeny nově stanovenými parametry povrchového odtoku pro jednotlivé půdní druhy a zavedením výpočtu po jednotlivých elementech. Informace o stanovení těchto parametrů jsou dostupné na stránkách programu (<http://storm.fsv.cvut.cz/smoderp/>) Přestože program byl dlouhodobě testován, nelze zcela

---

<sup>1</sup> Posouzení ochranných travních pásů a pásového střídání plodin je umožněno díky možnosti zadávat libovolně dlouhé úseky.

<sup>2</sup> nepožaduje-li ČSN 75 14 00 "Hydrologické údaje povrchových vod" hydrologická data ověřená ČHMÚ

vyloučit možnost jeho selhání, které bude způsobeno překročením limitů programu. Neváhejte nás v tomto případě informovat na adrese smoderp (zavináč) fsv.cvut.cz

Budeme Vám rovněž velmi vděční za veškeré Vaše zkušenosti, připomínky, návrhy a podněty na zlepšení software modelu SMODERP.

*Autoři nenesou odpovědnost za jakékoliv případné škody vzniklé nesprávným používáním softwarového produktu.*

## II. Instalace a stažení programu

Program je volně dostupný na stránkách <http://storm.fsv.cvut.cz/smoderp/>. Model SMODERP lze spustit na počítačích s operačním systémem Windows XP, Windows 7. Výsledky jsou exportovány do MS Excel.

Program SMODERP 10.01 se na lokální stanici nijak neinstaluje, spouští se souborem **SMODERP10\_10.exe**. Pro ukládání výsledků je třeba nastavit existující cestu, kam budou ukládány výsledky úpravou řádku *výsledky* v souboru **smoderp.ini**

[zakladni parametry]

\*místo nápovědy

help=D:\5\_Smoderp\\_smoderp\_new\20110427\smoderp\_index.mht

domstrana=http://storm.fsv.cvut.cz/smoderp/?page\_id=19

vysledky=F:\SMODERP10\_01\vysledky

## III. Vstupy

U všech simulačních modelů je kvalita výsledku řešení přímo úměrná kvalitě vstupních dat. Toto musí mít každý uživatel při používání modelů na paměti, aby na jedné straně nevynaložil zbytečné úsilí při zajišťování přesných dat pro hrubý odhad v úrovni studie nebo na straně druhé správně ohodnotil a prezentoval výsledky získané z odhadovaných podkladů.

Většina vstupů je ošetřena tak, aby nebylo možno zadat fyzikálně nereálné hodnoty, ale jinak je volba vstupních dat ponechána plně na zkušenosti uživatele.

Pro všechny zadávané proměnné jsou v modelu obsaženy doporučené či vzorové hodnoty, pro které byl model testován a které byly ověřeny, ale které v žádném případě nejsou závazné a autoři naopak uživatelům doporučují hlubší seznámení se s problematikou a zjišťování vlastních hodnot i z jiných pramenů a vlastních průzkumů.

Vstupní data modelu musí co nejpřesněji charakterizovat zájmové území po stránce morfologických a pedologických, vegetačních a hospodářských poměrů.

Vstupní data lze rozdělit do 4 hlavních skupin:

1. údaje morfologické,
2. údaje pedologické,
3. údaje o vegetačním krytu pozemku a používané agrotechnice,
4. údaje srážkové.

U každé skupiny je dále uveden seznam a stručné charakteristiky jednotlivých proměnných včetně jednotek, významnosti jejich vlivu na výsledek výpočtu (citlivost modelu) a místo v programu, kde se proměnná zadává.<sup>3</sup>

## Morfologické údaje - sklon svahu



Jako vstup pro určení průměrného sklonu svahu, resp. jednotlivých homogenních úseků, se tradičně používají vodorovné vzdálenosti mezi vrstevnicemi při jejich známé výškové odlehlosti (zpravidla 2 m, v hornatějších územích 5 m). Vertikální odlehlost i horizontální vzdálenost se zadávají v metrech. Při odečítání z mapy se postupuje zásadně ve směru sklonu svahu t.j. ve směru charakteristické dráhy povrchového odtoku. V praxi se jako podklad dobře osvědčily Základní mapy ČSSR 1:10 000. Účelné je doplnění a posouzení navržených odtokových drah vlastním terénním průzkumem.

Autoři také doporučují využití nástrojů GIS pro získání vstupních podkladů. Především se jedná o identifikaci a tvorbu charakteristických profilů a o určení jejich zdrojové plochy. Například pomocí *Create Steepest Path*, a je součástí balíku 3D Analyst (ArcGIS – ESRI). Tento nástroj pracuje s DMT a vytváří 3D Polyline, které sledují největší gradient po celou délku rastru, případně do bezodtokých míst. Při exportu použito převedení grafické čary na vrstvu Polyline (pomocí nástroje *Convert Graphic To Features*) a její následný export do textového souboru.

## Půdní charakteristiky

### Půdní druh



V modelu se půdní druhy rozlišují podle Novákovy klasifikace na základě obsahu zrn první kategorie. Jednotlivé půdní druhy jsou označeny dvěma znaky podle následující tabulky.

---

<sup>3</sup>Všechny vstupy byly co do jejich vlivu na výsledek výpočtu rozděleny do tří kategorií - v textu jsou označovány počtem hvězdiček:

I. málo významné	★	(hodnoty lze odhadovat na základě regionálních průzkumů či tabulkových údajů)
II. významné	★★	(hodnoty lze přebírat z literárních pramenů, ale doporučuje se jejich přezkoumání)
III. velmi významné	★★★	(hodnoty získané z literatury by měly být ověřeny terénním průzkumem nebo alespoň pečlivě prověřeny a zvaženy zkušeným pracovníkem)

Tabulka 1: klasifikace půd podle Nováka

Klasifikace půd podle Nováka pro obsah zrn I. kategorie (0.01 mm) [%]				Označení půdního druhu
Rozsah		Střední hodnota	Půdní druh	
0	10	10	písčité	PP
10	20	15	hlinitopísčité	HP
20	30	25	písčitohlinité	PH
30	45	38	hlinité	HH
45	60	53	jílovitohlinité	JH
60	75	68	jílovité	JJ
75	100	88	jíl	JO

Základní půdní charakteristiky je třeba určit na základě měření, orientační hodnoty a plošné rozložení půd je možné využít mapy KPP (Komplexní průzkum půd 1 : 10 000) nebo BPEJ (Bonitačně půdně ekologické jednotky 1 : 5 000). Dále je pak možné využít GIS nástrojů pro určení a odhad regionalizace jednotlivých půdních druhů na základě digitálních půdních map.

### Součinitel nasycené hydraulické vodivosti - $K$ ( $\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$ )

★★

Průměrné hodnoty  $K$  pro jednotlivé půdní druhy a typy vegetace jsou interní součástí programu. Aktuální hodnota nasycené hydraulické vodivosti je proměnná v čase a prostoru a je svázána s variabilitou půdních podmínek, vegetačním obdobím, vývojovým stadiem plodiny, způsobem agrotechniky, atd. Pro přesný výpočet je nutno vstupní data stanovit na základě terénního průzkumu, případně doplněného odběrem vzorků pro laboratorní stanovení hodnoty  $K$ , nebo polním infiltračním pokusem.

### Sorptivita půdy - $S$ ( $\text{cm}\cdot\text{min}^{-0,5}$ )

★

Tyto hodnoty patří zpravidla k těm obtížněji dostupným. Nejsou-li k dispozici hodnoty zjištěné vyhodnocením měření, je většinou dostatečné využít hodnoty, uvedené v příloze (Tabulka 8) nebo jiných vztahů vyjadřujících závislost  $S$  na snadněji stanovitelných veličinách ( $K$ , půdním druhu apod.). Obecně vzato, je možno snižováním hodnot  $S$  až k nule simulovat plné nasycení půdního profilu vodou v době příchodu příčné srážky nebo snížení infiltrační schopnosti půdy vytvořením škrálopou na povrchu půdy, u půd slévavých apod.

Tabulka 2: průměrné hodnoty  $K$  a  $S$  pro půdní druhy a různé typy vegetace

Kód a druh půdy	Kód a druh plodiny	$K$ ( $\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$S$ ( $\text{cm}\cdot\text{min}^{-0,5}$ )
1 - písčité	1 - bez vegetace	0,100	0,150
	2 - širokořádkové	0,118	0,178
	3 - úzkořádkové	0,126	0,189
	4 - travní porost	0,140	0,210

2 - hlinitopísčité	1 - bez vegetace	0,022	0,060
	2 - širokořádkové	0,025	0,065
	3 - úzkořádkové	0,029	0,066
	4 - travní porost	0,030	0,067
3 - hlinité	1 - bez vegetace	0,010	0,100
	2 - širokořádkové	0,014	0,115
	3 - úzkořádkové	0,015	0,125
	4 - travní porost	0,016	0,130
4 - jílovitohlinité	1 - bez vegetace	0,0015	0,090
	2 - širokořádkové	0,0055	0,140
	3 - úzkořádkové	0,0060	0,145
	4 - travní porost	0,0070	0,155
5 - jílovité	1 - bez vegetace	0,0010	0,080
	2 - širokořádkové	0,0040	0,120
	3 - úzkořádkové	0,0050	0,135
	4 - travní porost	0,0060	0,145

### Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok N (bezrozměrné číslo) ★★★

Hodnoty N závisí především na vegetačním krytu a momentálním stavu povrchu půdy. Doporučené průměrné hodnoty pro základní typy vegetačního krytu jsou interní součástí programu<sup>4</sup>. Pro konkrétní výpočet lze samozřejmě využít i jiné údaje, získané z dalších pramenů.

Tabulka 3: průměrné drsnostní součinitele N

Kód a druh plodiny	Doporučené hodnoty Manningova součinitele drsnosti pro povrchový odtok
1 - bez vegetace	0,030
2 - širokořádkové plodiny	0,035
3 - úzkořádkové plodiny	0,040
4 - travní porost	0,100

### Povrchová retence - R (mm) ★★

Hodnota retence půdního povrchu je v zásadě závislá na typu a vývojovém stadiu vegetace, na půdním druhu a zejména na momentálním stavu povrchu půdy. Jde tedy o veličinu velmi časově i prostorově proměnnou.

Při měření na dešťovém simulátoru bylo ověřeno, že dříve užívanou hodnotu 3 mm je vhodné snížit na hodnotu  $R = 2$  mm, která odpovídá urovnanému povrchu půdy, ale pro konkrétní podmínky ji je nutné zpřesnit.

<sup>4</sup> Manningův součinitel drsnosti pro plošný povrchový odtok jednotlivých typů vegetace vychází z výzkumu povrchových procesů provedených USDA (Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1984).

## Vegetační kryt pozemku a použitá agrotechnika

### Typ vegetačního krytu

★★

Základní typy vegetace používané v modelu jsou:

- povrch bez vegetace (úhor)
- širokořádkové plodiny (brambory, kukuřice,...)
- úzkořádkové plodiny (obiloviny, řepka, atd.)
- travní porost

Zadává se typ plodiny, která je nebo je předpokládána na pozemku v době výskytu návrhové srážky. Pro jednotlivé typy vegetace je možné tyto parametry upravit.

### Potenciální intercepce - PI (mm)

★

Obecně je PI závislá na druhu pěstované plodiny a na stupni jejího vývoje. Doporučené střední hodnoty PI pro několik základních skupin plodin jsou uvedeny v tabulce Tabulka 4. Pro přesnější výpočet je třeba hodnoty upravit podle konkrétní situace (předchozí srážky, fenofáze, apod.).

### Poměrná plocha listová PPL (bezrozměrné číslo)

★

Udává poměr celkové plochy listů vegetace na jednotkovou plochu půdy. Pro její stanovení platí totéž jako v předchozím bodě.

Tabulka 4: průměrné hodnoty PPL a PI pro různé typy vegetace

Typ plodiny	Poměrná plocha listová	Potenciální intercepce (mm)
obiloviny	0,30	0,20
kukuřice	0,16	0,13
cukrovka	0,25	0,09
brambory	0,18	0,16
travní porost	1,00	0,40
pozemek bez vegetace	0,00	0,00

## Srážkové údaje

### Časový průběh úhrnu srážky - H (mm)

★★★

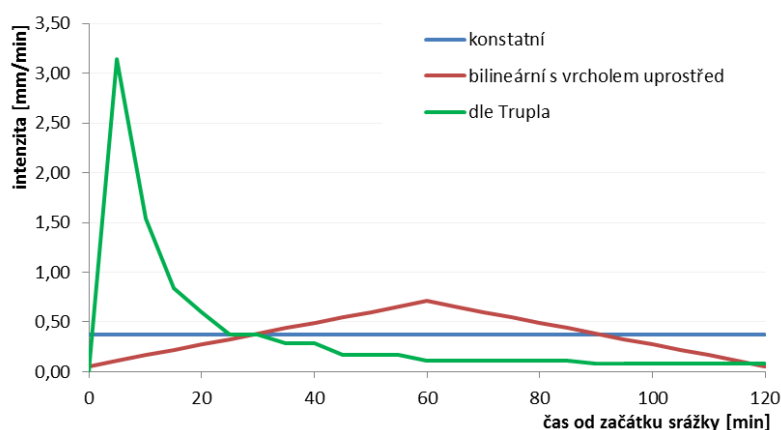
Výpočtová srážka se zadává ve formě součtové čáry (t.j. kumulativní srážkový úhrn v různých časech trvání deště). Časový krok zadávání není konstantní a je volen uživatelem.

Časový průběh srážky je zásadní pro výsledný průběh povrchového odtoku. Hodnoty se mohou řádově lišit v závislosti na maximální intenzitě i době výskytu maximální intenzity v průběhu srážky pro srážky se stejným úhrnem a dobou trvání (tedy se stejnou průměrnou intenzitou).

Pro odvození úhrnu zátěžové srážky je možno v našich podmínkách využít například redukce 24-hodinových srážkových úhrnů s dobou opakování 2, 10, 20, 50, 100 let. (Šamaj, Valovič, Brázdil, 1985), které jsou k dispozici pro meteorologické stanice na území ČR. Denní úhrn je redukován

na požadovanou délku trvání srážky dle Hrádka a Kováře (1994), případně s využitím nástroje DES\_RAIN (Vaššová, Kovář, 2011). Technická PEO slouží zejména pro ochranu před následky krátkodobých přívalových srážek a proto je běžně používána srážka s délkou 120 minut, nicméně v odůvodněných případech je možné využít i srážkou s jinou dobou trvání, například dle doby koncentrace ke zvolenému profilu toku nebo svodného prvku TPEO.

Časový průběh srážky je odvozován z jejího úhrnu a je aproximován libovolnou funkcí, která má v délce trvání srážky integrál rovný požadovanému úhrnu. Nejjednoduššími funkcemi pro odvození časového průběhu intenzit jsou konstanta (tzv. „obdélníková srážka“), bilineární (tzv. trojúhelníková srážka) s vrcholem uprostřed či v době 1/3 trvání srážky. Dále je možno uvažovat přívalovou srážku s časovým průběhem odvozeným z maximálních intenzit přívalových dešťů stanovených J. Truplem (1953) (viz následující obrázek) u kterých jsou srážky jednotný tvar s proměnným časovým průběhem – dobou trvání 120 minut a maximální intenzitou v 5. minutě.



**Obr. 1:** Ukázka časového průběhu srážky dobou opakování deset let a s dobou trvání 120 minut a celkovým úhrnem. Obrázek dokládá výrazný rozdíl v maximální intenzitě srážky při využití různých způsobů odvození jejího časového průběhu při shodném celkovém úhrnu a době trvání. Pro epizodní modelování je v našich podmínkách běžně doporučováno využít „trojúhelníkový“ časový průběh srážek s maximem uprostřed doby trvání.

Pro uživatele jednoduché zadávání návrhové srážky prochází revizí. Případné změny budou promítnuty do dalších verzí modelu. Model v současné podobě neobsahuje dříve uváděné návrhové přívalové srážky podle J. Trupla.

#### IV. Koncepce modelu SMODERP

Model povrchového odtoku je odvozen z rovnice kontinuity a rovnice pohybové na základě kinematického principu s využitím experimentálních měření na sklopném hydraulickém žlabu a pomocí dešťového simulátoru v laboratoři a je ověřován na terénních měřeních. V úvahu byly vzaty výsledky měření na jiných objektech v ČR i v zahraničí a údaje publikované v domácí a zahraniční literatuře.



Model povrchového odtoku zahrnuje procesy intercepce, retence půdního povrchu a infiltrace vody do půdy.

**Základní bilanční rovnice** vychází z rovnice kontinuity, která ve své základní podobě znamená, že rozdíl zásoby vody ( $dS$ ) v čase je roven rozdílu mezi přítokem ( $I$ ) a odtokem ( $O$ ).

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t)$$

V každém prostorovém úseku a v každém časovém úseku probíhá výpočet vycházející ze základního bilančního vztahu, který říká, že výška hladiny v určitém časovém kroku je rovna součtu výšky hladiny v předchozím kroku, efektivní srážky a přítoku (který je roven odtoku z předcházejícího úseku v předcházejícím časovém kroku) po odečtení povrchového odtoku a infiltrace v daném časovém kroku. Pro výpočet změny v jednom úseku je tedy třeba znát výšku hladiny v předchozím časovém kroku a srážku s infiltrací v daném kroku. Přítokem je odtokové množství z výše položeného úseku v předchozím časovém kroku. Z výsledné bilance je spočten odtok. Tuto bilanci lze zapsat matematicky v podobě vzorce:

$$H_{i,t} = H_{i,t-1} + ES_{i,t} + O_{i-1,t-1} - O_{i,t} - Inf_{i,t}$$

kde:

H	hloubka povrchového odtoku nad retenční kapacitou [mm],
ES	efektivní srážka [mm],
O	odtokové množství [mm],
Inf	infiltrace [mm],
i	číslo řešeného elementu [-],
$i_{-1}$	číslo elementu, předcházejícího řešenému elementu [-],
t	čas, v němž je řešen simulační krok (od počátku simulace) [min],
$t_{-1}$	čas, v němž je řešen předcházející simulační krok [min].

### Princip simulace povrchového odtoku

Vyšetřovaný svah je uživatelem definován po jednotlivých homogenních úsecích z hlediska morfologických, půdních a vegetačních poměrů. Každý úsek je charakterizován jednotným průměrným sklonem území, jednotným půdním druhem, plodinou a způsobem obdělávání půdy. Program tyto úseky dělí na stejně dlouhé elementy, ve kterých probíhá výpočet. Délka elementu je uživatelem volena na základě charakteru vyšetřovaného svahu.

1. Jednoduchý terén – běžný terén bez významných změn v morfologii terénu. Využití této možnosti bude pravděpodobně nejrozšířenější. Velikost elementu odpovídá přesnosti mapových podkladů tj. mapového díla ZABAGED a rastrového modelu terénu GEODIS.
2. Složitý terén – morfologicky členitý terén se značnými sklonitostními rozdíly. Využití předpokládá kvalitní mapové podklady, případně získání profilů pomocí GIS nástrojů a doměření v terénu.

3. Extrémní svahy – náspy, případně meze, terasy atd. Využití předpokládá podrobné zaměření terénu nivelací, tachymetrickým zaměřením atp.

Délka elementu a k ní příslušný časový krok je uveden v následující tabulce.

Tabulka 5: délky elementu a časového kroku

Charakter svahu	délka elementu	časový krok	
	[m]	[min]	[s]
Jednoduchý	10	0.1	6
Složitý	5	0.05	3
Extrémní svahy	1	0.00833	0.5

Výpočet charakteristik povrchového odtoku se provádí pro návrhovou přívalovou srážku nebo pro skutečně měřenou srážku. Pro účely prognóz a návrhu protierozních opatření se doporučuje používat hodnoty návrhové srážky.

V první fázi srážky dochází k intercepci. Srážková voda, která není zachycena vegetací, dopadá na půdní povrch (tzv. netto srážka) a vyplňuje retenční prostor půdního povrchu (profilu). Voda zadržaná v retenčním prostoru povrchu půdy infiltruje do půdy v závislosti na její infiltrační schopnosti. V okamžiku, kdy výška vody na půdním povrchu přesáhne jeho retenční infiltrační kapacitu, nastává povrchový odtok. Po skončení srážky probíhá povrchový odtok do úrovně retenční kapacity, zbylá voda infiltruje do půdy.

### Efektivní přívalová srážka

Srážka je zdrojem a příčinou celého erozního procesu. Přívalové srážky se nejčastěji vyskytují ve vegetačním období, proto je její určitá část zachycena rostlinami díky potenciální intercepci a poměrné ploše listové. Efektivní srážkou je myšlena ta část srážky, která není zachycena rostlinami a dopadá na půdu. Část, která zůstane v časovém kroku na rostlinách, se dá vyjádřit jako násobek srážky a poměrné plochy listové:

$$I_{\Delta t} = B_{s,\Delta t} \cdot P_{pl}$$

III

Z tohoto vztahu vyplývá, že efektivní srážku lze vyjádřit:

$$N_{s,\Delta t} = B_{s,\Delta t} \cdot (1 - P_{pl})$$

IV

Výše uvedený vztah platí až do chvíle, kdy kumulativní součet intercepce dosáhne hodnoty dané potenciální intercepcí:

$$\sum I \leq P_i$$

V

Po dosažení potenciální intercepce již nejsou rostliny schopny zadržovat další část srážky, a proto veškerá srážka je efektivní srážkou:

$$N_{s,\Delta t} = B_{s,\Delta t}$$

VI

Ve vztazích III až VI bylo použito následující označení:

$N_s$	efektivní srážka [mm],
$B_s$	brutto srážka [mm],
$I$	intercepce [mm],
$P_{PL}$	poměrná ploch listová [-],
$P_i$	potenciální intercepce [mm],
$\Delta t$	časový krok [min].

### Retence půdního povrchu

Půdní povrch vykazuje určitou hodnotu retenční kapacity. Po jejím naplnění dochází k tvorbě povrchového odtoku vody. Na základě zkušeností při studiu procesů povrchového odtoku se doporučuje používat hodnotu retenční kapacity povrchu půdy 3 mm, která odpovídá urovnanému půdnímu povrchu.

### Infiltrace

Pro model SMODERP byla zvolena Philipova rovnice infiltrace v následujícím tvaru:

$$Inf_{i,t} = \left( \frac{S_i \cdot T^{-\frac{1}{2}}}{2} + \frac{K_i}{\alpha} \cdot \Delta t \right) \cdot 10$$

VII

kde:

$Inf_{i,t}$	je infiltrované množství vody do půdy za simulační krok [mm],
$S_i$	sorptivita půdy [cm · min <sup>-0,5</sup> ],
$K_i$	součinitel hydraulické vodivosti půdy [cm · min <sup>-1</sup> ],
$T$	čas od počátku srážky [min],
$\Delta t$	simulační krok [min],
$\alpha$	součinitel, závislý na druhu půdy,
	půdy písčité $\alpha = 1,50$ ,
	půdy hlinitopísčité, hlinité a jílovitohlinité $\alpha = 1,65$ ,
	půdy jílovité $\alpha = 1,80$ .

Philipova rovnice byla zvolena především z důvodu relativně malého počtu nutných vstupních parametrů. Autoři modelu si jsou vědomi omezení použití Philipovy rovnice vyplývající z podmínek, za kterých byla odvozena.<sup>5</sup> Možné odchylky způsobené volbou této rovnice odpovídají odchylkám v heterogenitě půdy a kvalitě ostatních vstupů, na jejichž základě model pracuje. Do

<sup>5</sup> Rovnice byla odvozena pro vodorovný svah a je v ní uvažován nekonečný poloprostor, takže voda i při plném nasycení půdního profilu infiltruje.

rovnice vstupují dvě veličiny: nasycená hydraulická vodivost a sorptivita. Zjištění nasycené hydraulické vodivosti patří mezi standardní pedologické úlohy. Sorptivita je pak stanovována nepřímo na základě nasycené hydraulické vodivosti a půdním druhu pomocí převodních tabulek, viz příloha (Tabulka 8). V případě využití modelu pro návrh opatření není nutné znát okamžitou vlhkost půdního profilu. Pro navrhování jsou dostatečným podkladem průměrné hodnoty sorptivity při polní vlhkosti.

### Vztah průtoku a hloubky odtoku

Vztah mezi hloubkou povrchového odtoku a průtokem byl odvozen na základě měření na sklopném hydraulickém žlabu (Holý, 1984) ve tvaru.

$$q = aH^b$$

VIII

kde:

$q$  je průtok povrchového odtoku [ $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ],  
 $H$  hloubka povrchového odtoku [cm],  
 $a, b$  odtokové parametry [-].

Z vyhodnocení vyplývá, že parametr  $b$  je závislý pouze na půdním druhu. Parametr  $a$  je závislý nejen na půdním druhu, ale také na sklonu svahu:

$$a = xI^Y$$

IX

kde:

$I$  je sklon svahu [%].

Parametry  $a, b$  (rovnice VIII) respektive  $b, X, Y$  (rovnice IX) jsou uvedeny v následující tabulce pro půdní druhy Novákovy klasifikace.

Tabulka 6: odtokové parametry pro jednotlivé půdní druhy

Klasifikace půd podle Nováka pro obsah zrn I. kategorie (0.01 mm) [%]				Odtokové parametry		
Rozsah		Střední hodnota	Půdní druh	b	X	Y
0	10	10	písčité	1.8165	23.30	0.4981
10	20	15	hlinitopísčité	1.7925	26.03	0.5202
20	30	25	písčitohlinité	1.7685	28.75	0.5308
30	45	38	hlinité	1.7385	32.16	0.5394
45	60	53	jílovitohlinité	1.7025	36.26	0.5467
60	75	68	jílovité	1.6665	40.35	0.5521
75	100	88	jíl	1.6185	45.80	0.5578

Parametry **a**, **b** platí pro případ půdy nekryté vegetací. Pro půdy s vegetačním krytem se provede korekce parametru **a** pomocí Manningova součinitele drsnosti pro povrchový odtok ve tvaru:

$$A = \frac{a}{100 \cdot N}$$

X

kde:

A	je parametr se zahrnutím vlivu vegetačního krytu,
N	Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok se základem 0,01 pro hladký povrch.

Parametr **b** se nemění.

### Odtokové množství

Z vypočteného průtoku, velikosti řešeného úseku a délky časového kroku je vypočítáno odtokové množství (tj. množství vody převedené na výšku za časový krok). Toto odtokové množství je zároveň v bilanční rovnici následujícího úseku přítokem:

$$O_{i,t} = \frac{60 \cdot \Delta t}{L_i} \cdot \frac{q_{i,t}}{10}$$

XI

kde:

$O_{i,t}$	odtokové množství [mm],
$\Delta T$	simulační krok [min],
$L_i$	délka úseku [m],
$q_{i,t}$	průtok [ $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ].

Protože výsledné hodnoty průtoku a rychlosti jsou v sekundách a časový krok při odvozování modelu je v minutách, je hodnota časového kroku převedena na minuty.<sup>6</sup>

### Rychlost povrchového odtoku a tangenciální napětí

Výpočet rychlosti vychází ze vztahu pro výpočet průtoku. Průtok je definován jako objem kapaliny, který proteče profilem za určitý časový krok. Průtok lze také definovat jako rychlost proudění určitým profilem. Z tohoto lze odvodit vztah pro výpočet průměrné rychlosti pro povrchový odtok jako:

$$v = \frac{q}{H}$$

XII

kde:

v	rychlost [ $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ],
q	průtok povrchového odtoku [ $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} / \text{m}$ ],
H	hloubka povrchového odtoku [cm],

<sup>6</sup> Odtud násobení šedesáti. Stejně tak bilanční rovnice pracuje ve výškových milimetrech, proto je průtok převeden na odpovídající jednotky.

Ve vztahu je uvažován průtok na metr běžný. Průtočná plocha je tedy definována jako obdélník o šířce 1 m a výšce odpovídající hloubce povrchového odtoku, která je zanedbatelná. Ve vzorci jsou důsledně dodrženy jednotky odpovídající odvození, pro další použití uživatelem je hodnota rychlosti převedena na běžně používanou jednotku  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Tangenciální neboli tečné napětí určuje smykovou sílu, kterou působí proudící kapalina na jednotlivá půdní zrna.

$$\tau = \rho \cdot g \cdot h \cdot l$$

XIII

kde:

$\tau$	tečné napětí [Pa],
$g$	tíhové zrychlení [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ],
$\rho$	měrná hustota vody [ $\text{t}\cdot\text{m}^{-3}$ ],
$h$	hloubka povrchového odtoku [mm],
$l$	sklon svahu [%],

Takto vypočítaná rychlost a tangenciální napětí jsou v případě posuzování erozní ohroženosti pozemku porovnávány s limitními hodnotami krajních nevymílacích rychlostí a tangenciálních napětí pro jednotlivé půdní druhy v závislosti na druhu vegetace. Tyto limitní hodnoty pro jednotlivé půdní druhy byly odvozeny E. Dýrovou a jsou uváděny v Tabulce 7

**Tabulka 7: hodnoty krajní nevymílací rychlosti v a krajního nevymílacího tečného napětí  $\tau$  (Vrána, 1996).**

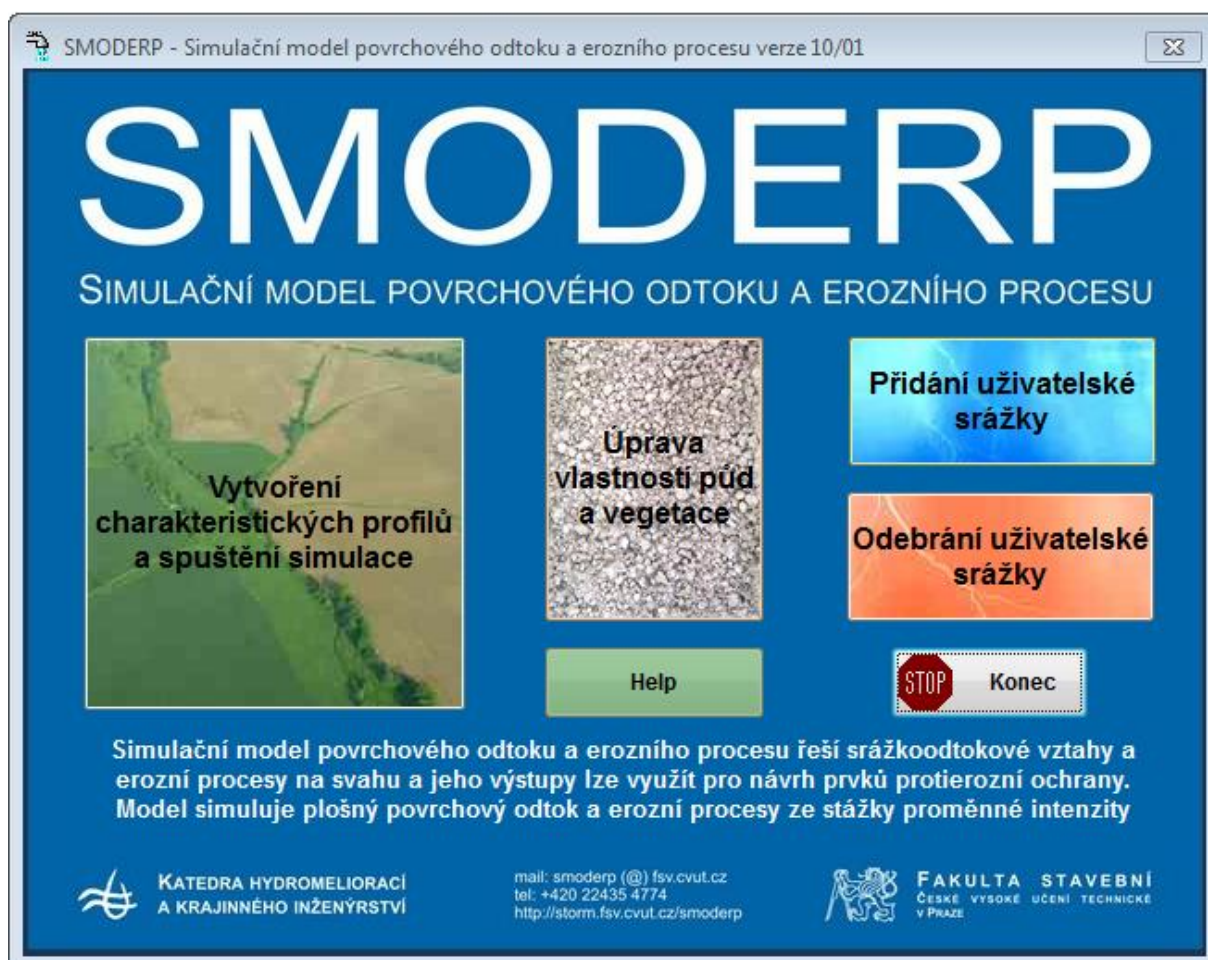
Kód a druh půdy	Kód a druh plodiny	$v$ [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	[Pa]
1 – půda písčité	1 – bez vegetace	0.305	13.27
	2 – širokořádkové plodiny	0.305	13.27
	3 – úzkořádkové plodiny	0.305	13.27
	4 – travní porost	1	25
2 – půda hlinitopísčité	1 – bez vegetace	0.264	11.5
	2 – širokořádkové plodiny	0.264	11.5
	3 – úzkořádkové plodiny	0.264	11.5
	4 – travní porost	0.9	22.5
3 – půda hlinitá	1 – bez vegetace	0.248	10.79
	2 – širokořádkové plodiny	0.248	10.79
	3 – úzkořádkové plodiny	0.248	10.79
	4 – travní porost	0.8	20
4 – půda jílovitohlinitá	1 – bez vegetace	0.245	10.66
	2 – širokořádkové plodiny	0.245	10.66
	3 – úzkořádkové plodiny	0.245	10.66
	4 – travní porost	0.7	18.5
5 – půda jílovitá	1 – bez vegetace	0.245	10.66
	2 – širokořádkové plodiny	0.245	10.66

	3 – úzkořádkové plodiny	0.245	10.66
	4 – travní porost	0.6	15


## V. Ovládání programu

Po spuštění programu (smoderp10\_01.exe) je spuštěna vstupní obrazovka. V té jsou následující základní ovládací prvky:

- **Úprava vlastností půd a vegetace** – slouží k přidávání charakteristik půdy (K, S) a úpravě vlastností vegetace (potenciální intercepce, poměrná plochy listová a Manningův součinitel drsnosti)
- **Přidání uživatelské srážky** – souží k zadávání nových a editaci stávajících srážek
- **Odebrání uživatelské srážky** – slouží k mazání srážek ze systému
- **Vytvoření charakteristických profilů a spuštění simulace** – slouží k zadávání konkrétních svahů a k výpočtu.




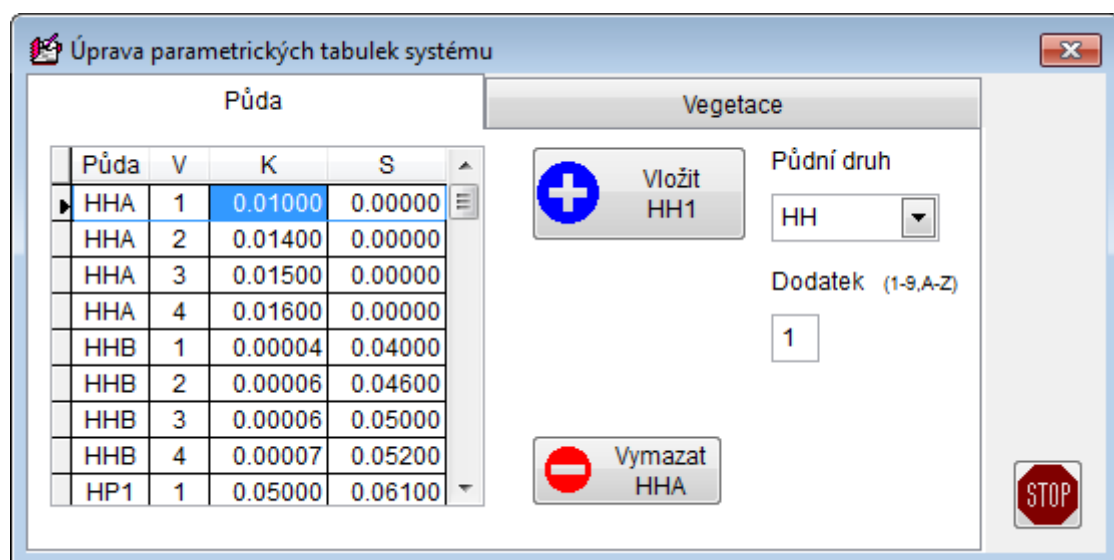
## Okno úprava vlastností půd a vegetace

Toto okno obsahuje dvě záložky. V záložce **Půda** uživatel může přidávat a editovat vlastní charakteristiky půd<sup>7</sup>. Základní půdní druh uživatel vybírá z nabídky *Půdní druh* a volí si jednoznačný identifikátor pomocí *Dodatku*. Ten slouží k rozlišení a ke specifikaci jednotlivých konkrétních půd. Po zvolení půdního typu a vyplnění dodatku je pak pomocí  přidána půda do programu.

V tabulce pak uživatel zadává konkrétní hodnoty K a S pro jím zvolený půdní typ pro 4 druhy vegetace (V).

- 1 – úhor
- 2 – širokořádkové
- 3 – úzkořádkové
- 4 - tráva

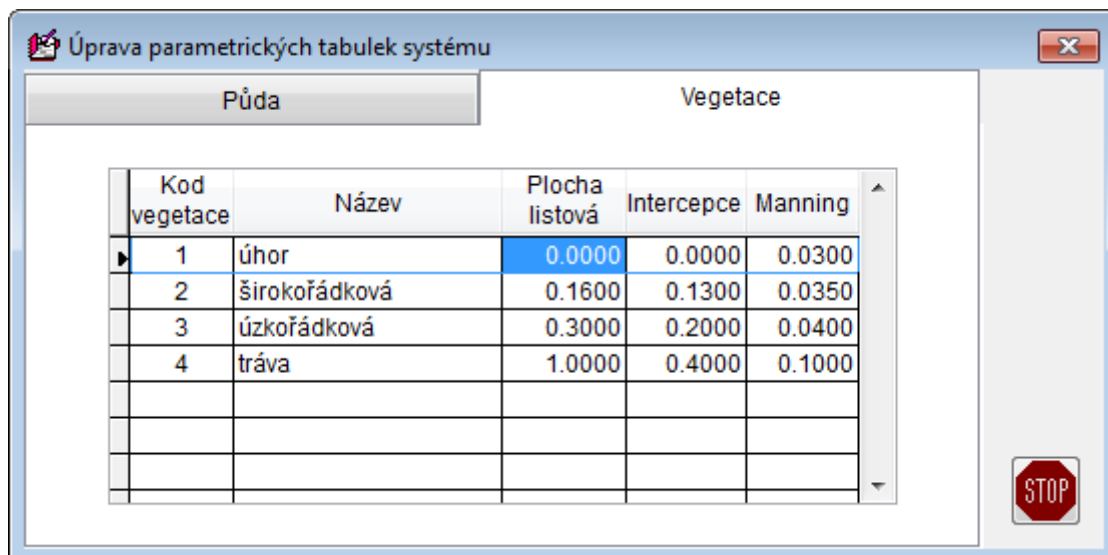
Půdu zle z databáze vymazat pomocí .




V záložce *vegetace* je možné editovat hodnoty poměrné plochy listové a potenciální intercepce a hodnoty Manningova drsnostního součinitele pro plošný povrchový odtok. Program v základním nastavení obsahuje průměrné návrhové hodnoty.

<sup>7</sup> Program obsahuje průměrné návrhové hodnoty nasycené hydraulické vodivosti a sorbtivity pro základní půdní druhy





Ukončení tohoto okna pomocí .

### Okno Přidání uživatelské srážky

Slouží k vkládání a editaci srážky. Každá srážka je zařazena v konkrétní oblasti nebo řady návrhových či reálných srážek. Dále je srážka zařazena do konkrétního místa - Stanice a N letostí, kterou je myšlena doba opakování v případě tvorby návrhových srážek nebo konkrétní události v případě posouzení reálné srážky. Model obsahuje návrhové srážky stovacetiminutových srážek pro 98 stanic stanovené podle J. Trupla. I k těmto stanicím je možné přidávat další návrhové srážky.

*Oblastí* srážek jsou myšleny celé velké územní celky nebo například řada Česká republika, je možné zadat vlastní oblast.

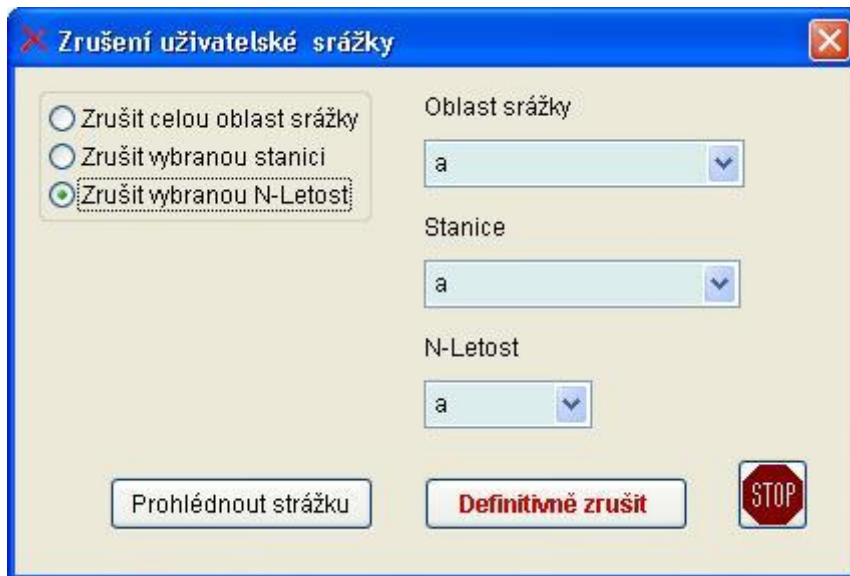
*Stanicí* je myšleno jedno konkrétní místo, ke kterému je možné přidávat různé srážky s různou dobou opakování.

*N-letost* je myšlena konkrétní návrhová nebo reálná srážka

Do programu lze vkládat:

- novou oblast a do ní přidávat stanice a konkrétní srážky.,
- do již existující oblasti přidávat libovolné stanice,
- do libovolné stanice konkrétní srážky.







## Vytvoření charakteristických profilů a spuštění simulace

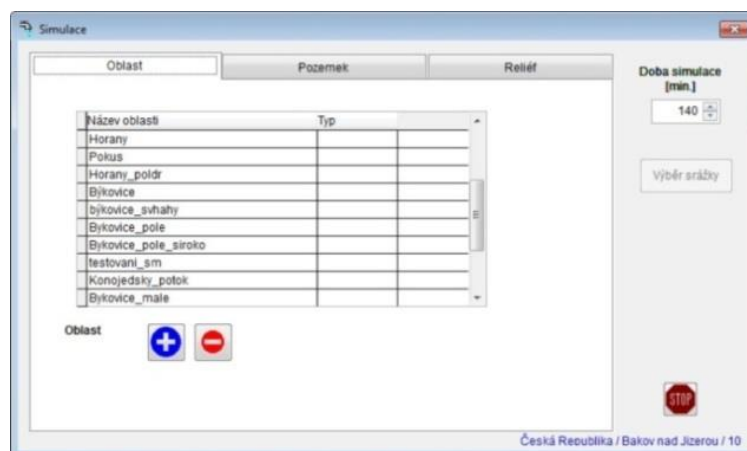
Po spuštění se zobrazí navigační okno se třemi záložkami

- oblast,
- pozemek,
- reliéf.

Volba typu simulace je až po zadání všech vstupních parametrů.

### Oblast

Tato záložka slouží pro třídění jednotlivých akcí. Oblastí je myšlen celý řešený projekt, ve kterém uživatel řeší několik pozemků. Novou oblast je možné přidat pomocí . A  pak slouží pro odebrání celé oblasti včetně všech zadaných svahů. Ve zvolené oblasti pak uživatel zadává jednotlivé charakteristické profily, ke kterým slouží záložka *Pozemek*



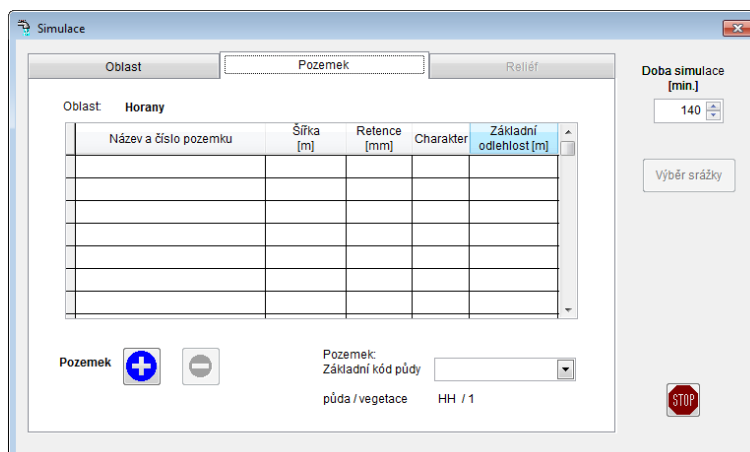
### Pozemek

Slouží k základnímu definování jednotlivých charakteristických profilů.

**Název a číslo pozemku** – slouží k pojmenování konkrétního charakteristického profilu

**Šířka [m]** – zde uživatel definuje náhradní šířku odpovídající řešenému pozemku. Základní hodnota je nastavena na 100 m.

**Retence [mm]** – souží k zadávání povrchové retence. Základní hodnota je nastavena na 2 mm.



**Charakter** svahu je volen uživatelem podle složitosti morfologie a je uživatelem zadáván číselně:

1. Jednoduchý terén – běžný terén bez významných změn v morfologii terénu. Využití této možnosti bude pravděpodobně nejrozšířenější. Velikost elementu odpovídá přesnosti mapových podkladů tj. mapového díla ZABAGED a rastrového modelu terénu GEODIS.
2. Složitý terén – morfologicky členitý terén se značnými sklonitostními rozdíly. Využití předpokládá kvalitní mapové podklady, případně získání profilů pomocí GIS nástrojů a doměření v terénu.
3. Extrémní svahy – násypy, případně meze, terasy atd. Využití předpokládá podrobné zaměření terénu nivelací, tachymetrickým zaměřením atp.

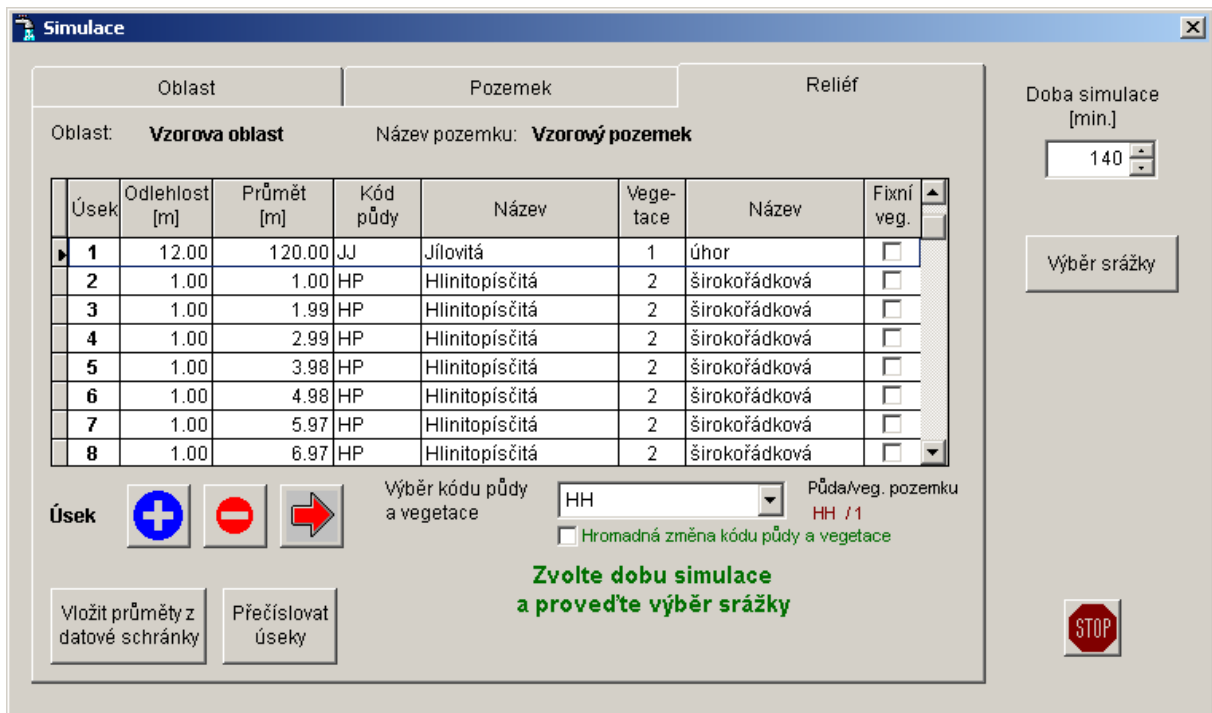
**Základní odlehlost** – souží k zadání nejčastější hodnoty odlehlosti zadávaných úseků. Základní hodnota je nastavena na 2 m.

**Základní kód půdy** – slouží pro zadání nejčastěji se vyskytující půdy a druhu vegetace na řešeném pozemku, který je pak v záložce *Reliéf* vstupní hodnotou

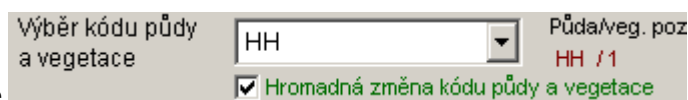
Po základním definování pozemku je možné zadat vlastní profil pozemku a spustit simulaci v záložce *Reliéf*.

## Reliéf

Tato záložka slouží k zadávání vlastního profilu konkrétního pozemku.



Vlastní profil je zadáván pomocí průmětu [m] a výšky – odlehlosti [m]. Půda a vegetace je volena z menu *Výběr kódu půdy a vegetace*. Odlehlosti je možné zadat hromadně, vložením dat z datové schránky. K těmto hodnotám je přiřazen půdní druh a typ vegetace, které byly uživatelem zvoleny v okně Pozemek. Půdy je možné editovat a vybírat z dialogového okna „Výběr kódu půdy a vegetace“

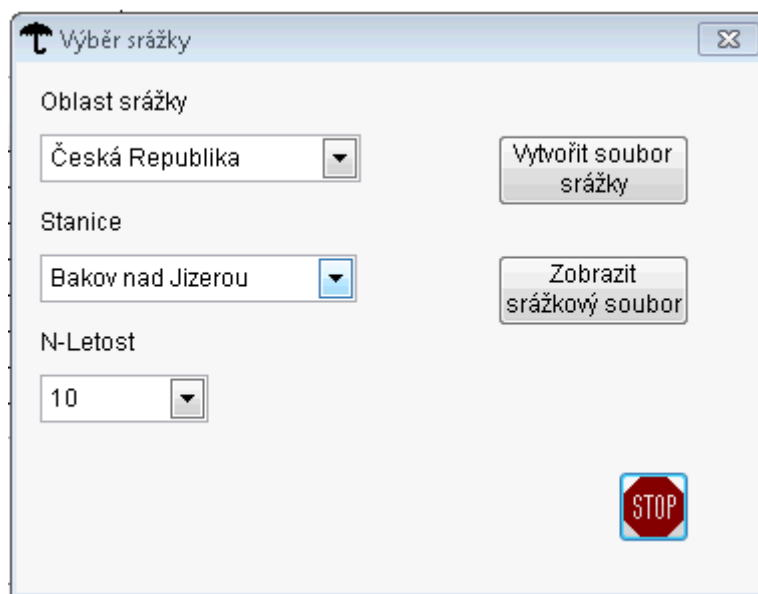


Při zaškrtnutí pole  Hromadná změna kódu půdy a vegetace je možné editovat více úseků najednou.



## Výběr návrhové srážky

V záložce reliéf uživatel nejprve volí délku simulace a následně vybírá po spuštění dialogového okna *výběr srážky* z databáze podle oblasti, stanice a doby opakování návrhovou srážku. Takto definovanou srážku je možné použít i pro další řešené profily, které mají stejný charakter. Při jiném charakteru je potřeba výběr srážky zopakovat. Před výběrem srážky uživatel volí dobu simulace v minutách. Po zvolení řešené srážky je možné zvolit a spustit vlastní výpočet.



Po zadání návrhové srážky se změní část záložky reliéf a je možné spustit vlastní výpočet. Zvolená srážka se zobrazí v pravém dolním rohu a objeví se dialogové okno umožňující vlastní simulaci.

Simulace

Oblast: **Vzorova oblast**      Název pozemku: **Vzorový pozemek**

Úsek	Odlehlost [m]	Průmět [m]	Kód půdy	Název	Vegetace	Název	Fixní veg.
1	12.00	120.00	JJ	Jílovitá	1	úhor	<input type="checkbox"/>
2	1.00	1.00	HP	Hlinitopísčítá	2	širokořádková	<input type="checkbox"/>
3	1.00	1.99	HP	Hlinitopísčítá	2	širokořádková	<input type="checkbox"/>
4	1.00	2.99	HP	Hlinitopísčítá	2	širokořádková	<input type="checkbox"/>
5	1.00	3.98	HP	Hlinitopísčítá	2	širokořádková	<input type="checkbox"/>
6	1.00	4.98	HP	Hlinitopísčítá	2	širokořádková	<input type="checkbox"/>
7	1.00	5.97	HP	Hlinitopísčítá	2	širokořádková	<input type="checkbox"/>
8	1.00	6.97	HP	Hlinitopísčítá	2	širokořádková	<input type="checkbox"/>

Úsek

Výběr kódu půdy a vegetace:  Půda/veg. pozemku: **HH / 1**  
 Hromadná změna kódu půdy a vegetace

**Simulace**

Jen vegetace úseku      Celkový odtok      Přerušení odtoku  
 Všechny typy vegetace

Vložít průměty z datové schránky      Přechíslovat úseky

Doba simulace [min.]

Výběr srážky

Vzorova oblast srazek / Vzorova stanice / 5

### Spuštění vlastní simulace

Po zadání šech vstupních hodnot je možné spustit vlastní simulaci. Až na tomto místě uživatel volí mezi spuštěním simulace celkového odtoku nebo výpočtem erozní ohroženosti – přerušení svahu. V případě výpočtu *Jen vegetace úseku* probíhá výpočet se zvolenou plodinou v jednotlivých úsecích. V případě výpočtu *Všechny typy vegetace* je postupně proveden výpočet pro všechny typy vegetace (úhor, širokořádkové, úzkořádkové, tráva) bez ohledu na zadaný typ vegetace.

Uživatelé zadaný typ vegetace se nebude měnit tam, kde jej uživatel zaškrtně v poli *fixní vegetace*. Využití je především tam, kde se na části řešeného profilu vegetace nemění. Takovým příkladem mohou být například travní pásy.

3.08	HH	Hlinitá	1	úhor	<input type="checkbox"/>
3.06	HH	Hlinitá	1	úhor	<input type="checkbox"/>
3.04	HH	Hlinitá	1	úhor	<input type="checkbox"/>
3.04	HH	Hlinitá	1	úhor	<input type="checkbox"/>

Výběr kódu půdy a vegetace:

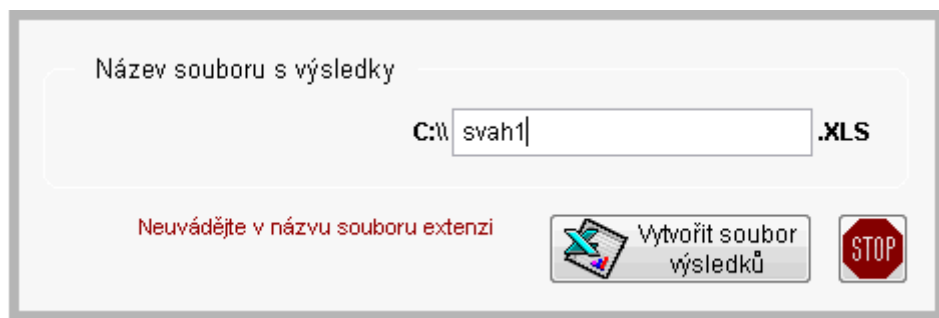
**Simulace**

Jen vegetace úseku      Celkový odtok      Přerušení odtoku  
 Všechny typy vegetace

něty  
é  
y

Česká Republika / Bakov nad Jizerou / 10

Po ukončení výpočtu uživatel zadá jméno výstupního xls souboru, který bude uložen do zadaného existujícího adresáře.<sup>8</sup>



## Výsledky

Výstupy z programu jsou exportovány do souborů \*.xls (MS Excel). Podle druhu výpočtu jsou vytvořeny soubory. Soubory obsahují jak přehledné výsledky

## Celkový odtok

V souboru jsou v listu 1 uvedeny celkové výsledky (buď pro jeden zvolený typ vegetace, nebo pro všechny, podle druhu spuštěné simulace). Na prvních řádcích je uvedena rekapitulace řešeného svahu (oblast, svah, šířka, návrhová srážka). Dále jsou na tomto listu uvedeny celkové výsledky:

- Celková délka svahy [m]
- Maximální výška hladiny [mm]
- Maximální průtok [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ]
- Celkový odtok [l]
- Maximální rychlost [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

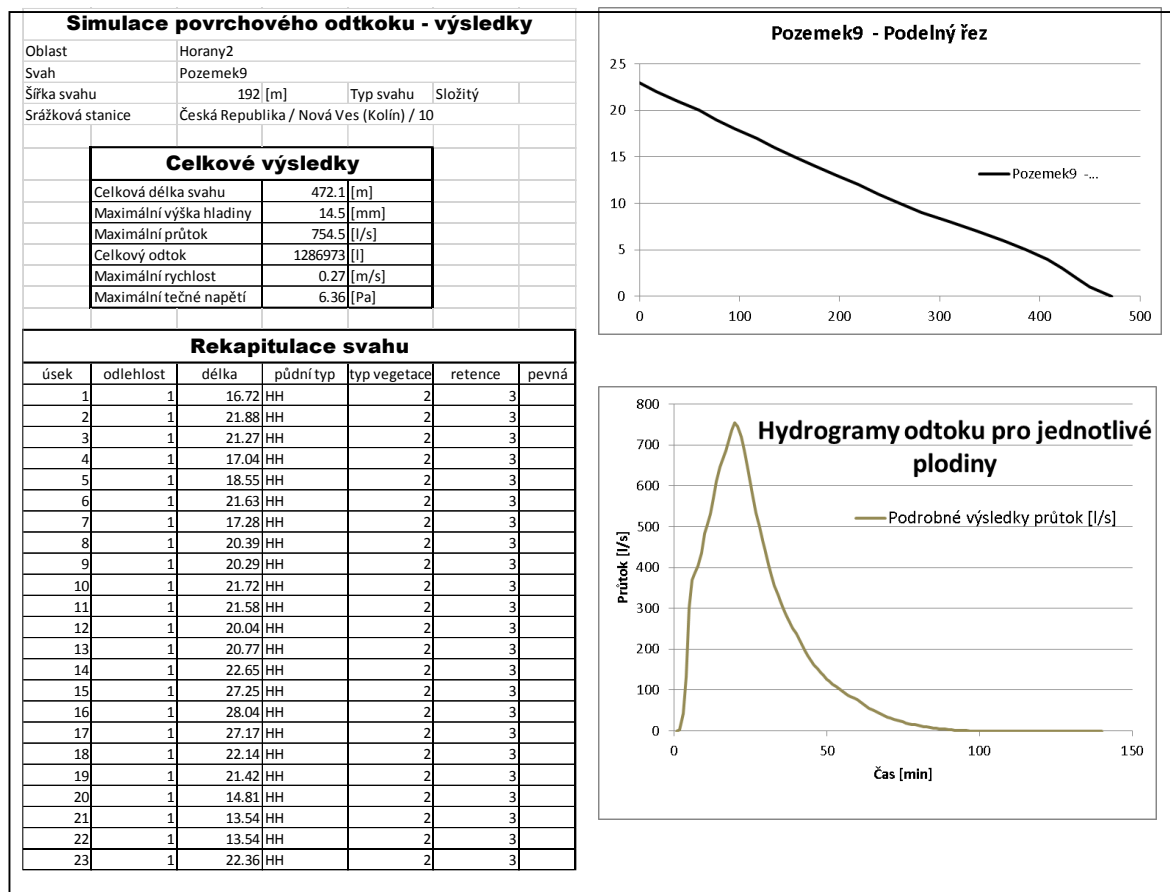
Na tomto listu je také uvedena pro případnou kontrolu rekapitulace úseků zadaného svahu.

Na dalších listech jsou pak zobrazeny průběhy výšky hladiny, průtoku, tečného napětí a rychlostí. Tyto hodnoty jsou chápány jako doplňkové. Grafický průběh těchto veličin není součástí, ale je možné si jej doplnit.

---

<sup>8</sup> V případě, že není nalezena cesta k adresáři, je uživatel vyzván k úpravě souboru smoderp.ini





Ukázka výstupů z modelu SMODERP 10 – celkové výsledky – odtokové charakteristiky

## Přerušeni svahu

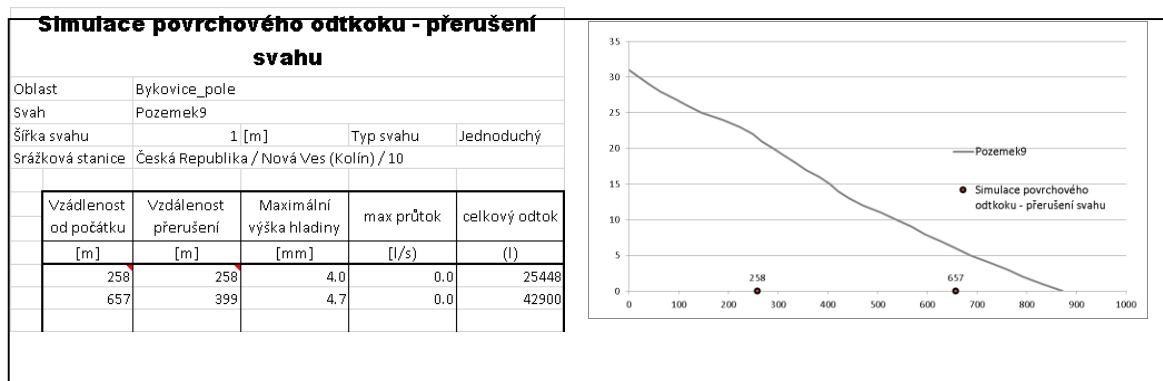
V případě výpočtu přerušeni svahu obsahuje výstupní soubor jeden list, který obsahuje základní popis svahu (řešená oblast, svah, šířka, návrhová srážka). Pro kontrolu je na tomto listu je také uvedena rekapitulace úseků zadaného svahu.

Hlavními výsledky jsou určená místa přerušeni, u každého z nich je uvedena:

- vzdálenost přerušeni od počátku svahu [m],
- vzájemná vzdálenost přerušeni [m],

základní odtokové charakteristiky sloužící pro návrh konkrétního opatření:

- maximální výška hladiny [mm],
- maximální průtok [ $l \cdot s^{-1}$ ],
- celkový odtok [l]



Ukázka výstupů z modelu SMODERP 10 – celkové výsledky – přípustná délka svahu

## VI. Přílohy

Tabulka 8: vztah součinitele hydraulické vodivosti K a sorptivity půdy S pro jednotlivé půdní druhy

K (cm.min <sup>-1</sup> )	S (cm.min <sup>-0,5</sup> ) pro kód půdy		
	1	2, 3, 4	5
2,0	2,0		
1,0	1,4		
0,9	1,3		
0,8	1,2	2,0	
0,7	1,1	1,9	
0,6	0,94	1,7	
0,5	0,8	1,5	
0,4	0,65	1,3	
0,3	0,45	1,0	
0,2	0,28	0,70	
0,1	0,12	0,34	
0,09	0,11	0,31	
0,08	0,10	0,29	
0,07	0,095	0,27	
0,06	0,085	0,24	
0,05	0,075	0,21	
0,04	0,067	0,19	
0,03	0,058	0,17	
0,02	0,050	0,14	
0,01		0,10	0,18
0,009		0,098	0,17

0,008		0,096	0,16
0,007		0,093	0,15
0,006		0,088	0,14
0,005		0,083	0,13
0,004		0,078	0,12
0,003		0,072	0,11
0,002		0,065	0,095
0,001		0,056	0,080
0,0009			0,078
0,0008			0,076
0,0007			0,074
0,0006			0,072
0,0005			0,070
0,0004			0,068
0,0003			0,064
0,0002			0,060
0,0001			0,055

Tabulka 9: Vzorové úhrny přívalových dešťů RD (mm) pro návrhové periodicity p (zpracováno podle Trupla, 1958)

a) Česká část povodí Labe

Doba trvání deště (min)	Periodicita p					
	0,5 (2 roky)	0,2 (5 let)	0,1 (10 let)	0,05 (20 let)	0,02 (50 let)	0,01 (100 let)
5	8,5	10,9	12,7	14,6	17,1	19,0
10	11,9	15,7	18,9	22,0	26,4	29,8
15	13,9	18,5	22,3	26,3	31,9	36,0
20	15,4	20,4	24,7	29,4	35,6	40,4
30	17,0	22,9	27,7	33,1	40,5	46,1
40	18,1	24,5	30,0	35,8	43,7	49,9
60	19,5	26,7	32,7	38,9	47,9	54,7
90	21,0	28,8	35,3	42,2	51,9	59,4

120	22,1	30,4	37,3	44,5	54,9	62,9
-----	------	------	------	------	------	------

b) Česká část povodí Odry a Moravy

Doba trvání deště (min)	0,5 (2 roky)	0,2 (5 let)	0,1 (10 let)	0,05 (20 let)	0,02 (50 let)	0,01 (100 let)
5	8,2	10,1	11,6	13,2	15,2	16,8
10	11,6	14,6	16,9	19,1	22,1	24,5
15	13,8	17,4	20,2	23,1	26,9	29,8
20	15,4	19,4	22,7	26,0	30,6	34,0
30	17,2	22,1	26,1	30,2	36,0	40,3
40	18,5	24,0	28,6	33,4	40,3	45,4
60	20,1	26,4	31,9	37,8	45,7	51,8
90	21,7	28,6	34,8	41,8	51,7	59,4
120	23,2	30,9	37,5	45,1	56,0	64,4

Tabulka 10: Seznam stanic v odtokovém pořadí, popisné údaje stanic

Číslo	Jméno stanice	Povodí	Zeměpisná		nadm.v.
			délka	šířka	
		<b>LABE</b>			
1	Špindlerův Mlýn	Labe	15°37'	50°44'	790
2	Labská Přehrada - Těšnov	Labe	15°45'	50°27'	332
3	Police nad Metují	Metuje	16°14'	50°32'	450
4	Hradec Králové	Labe	15°51'	50°15'	244
5	Pěčín	Divoká Orlice	16°25'	50°09'	508
6	Hamry	Chrudimka	15°55'	49°44'	605
7	Seč	Chrudimka	15°40'	49°51'	540
8	Nová Ves (u Kolína)	Labe	15°09'	50°03'	198
9	Poděbrady	Labe	15°07'	50°09'	189
10	Semčice	Vlkava	15°00'	50°22'	233
11	Milovice	Labe	14°53'	50°14'	203

12	Káraný	Labe	14°44'	50°11'	170
13	Souš (přehrada)	Jizera	15°19'	50°47'	772
14	Turnov	Jizera	15°10'	50°35'	280
15	Bakov nad Jizerou	Jizera	14°56'	50°29'	220
16	Mšeno	Labe	14°38'	50°26'	352
17	České Budějovice	Vltava	14°28'	48°57'	415
18	Týn nad Vltavou	Vltava	14°25'	40°13'	395
19	Třeboň	Lužnice	14°46'	49°00'	433
20	Kamenice nad lipou	Nežárka	15°05'	49°18'	561
21	Tábor	Lužnice	14°40'	49°25'	441
22	Nový Dvůr (u Horažďovic)	Otava	13°41'	49°19'	430
23	Husinec (přehrada)	Blanice	13°59'	49°03'	536
24	Vodňany	Blanice	14°10'	49°09'	400
25	Orlík	Vltava	14°10'	49°31'	396
26	Kamýk nad Vltavou	Vltava	14°15'	49°39'	287
27	Štěchovice	Vltava	14°24'	49°51'	210
28	Sedlice	Želivka	15°16'	49°31'	421
29	Mariánské Lázně	Kosovský potok	12°42'	49°58'	581
30	Klatovy	Úhlava	13°18'	49°23'	421
31	Plzeň - Doudlevec	Radbuza	13°24'	49°43'	311
32	Padrt'	Klabava	13°46'	40°40'	640
33	Nezabudice	Berounka	13°49'	50°01'	326
34	Petrovice	Rakovnický potok	13°38'	50°04'	398
35	Praha - Hostivař	Vltava	14°31'	50°03'	240
36	Praha - Podbaba (VÚV)	Vltava	14°24'	50°07'	182
37	Ruzyně	Vltava	14°17'	50°06'	371
38	Kladno	Vltava	14°07'	50°09'	365
39	Slaný	Bakovský potok	14°05'	50°14'	282
40	Karlovy Vary	Teplá	12°54'	50°13'	434

41	Podbořany	Liboc	13°24'	50°13'	321
42	Lenešice	Ohře	13°46'	50°23'	181
43	Roudnice nad Labem	Ohře	14°15'	50°25'	181
44	Mimoň	Ploučnice	14°43'	50°39'	305
		<b>ODRA</b>			
45	Nový Jičín	Odra	18°00'	49°36'	297
46	Rejvíz	Opavice	17°19'	50°13'	757
47	Opava	Opava	17°53'	49°57'	255
48	Bruntál	Moravice	17°28'	49°59'	547
49	Lysá Hora	Ostravice	18°27'	49°33'	1317
50	Ostrava - Nová Ves	Ostravice	18°14'	49°49'	214
51	Ostrava - Kunčičky	Ostravice	18°18'	49°49'	229
52	Ostrava - Vítkovice	Ostravice	18°16'	49°48'	237
53	Ostrava (krematorium)	Ostravice	18°17'	49°50'	226
54	Ostrava - Slezská Ostrava	Ostravice	18°18'	49°51'	285
55	Ostrava - Hrušov	Odra	18°17'	49°52'	207
56	Bohumín	OPdra	18°20'	49°55'	199
57	Staré Podhradí	Kladská Nisa	17°09'	50°17'	452
		<b>MORAVA</b>			
58	Habartice	Morava	16°58'	50°07'	599
59	Potůčnick	Morava	16°59'	50°05'	600
60	Františkova Myslivna	Desná	17°13'	50°03'	1183
61	Lanškroun	Moravská Sázava	16°36'	49°54'	380
62	Červená Voda	Moravská Sázava	16°46'	50°02'	527
63	Křenov	Třebůvka	16°39'	49°41'	472
64	Hřebeč	Třebůvka	16°36'	49°45'	566
65	Jevíčko	Třebůvka	16°40'	49°38'	446
66	Litovel	Morava	17°06'	49°42'	234
67	Luká	Morava	16°58'	49°39'	489

68	Kláštěrní Hradisko	Morava	17°16'	49°36'	215
69	Olomouc - Neředín	Morava	17°13'	49°36'	263
70	Lidečko	Vsetínská Bečva	18°04'	49°13'	455
71	Vsetín	Vsetínská Bečva	17°59'	49°21'	345
72	Valašská Bystřice	Vsetínská Bečva	18°07'	49°25'	465
73	Skalíková Louka	Rožnovská Bečva	18°15'	49°28'	945
74	Krásno nad Bečvou	Rožnovská Bečva	17°59'	49°29'	302
75	Lipník nad Bečvou	Bečva	17°35'	49°31'	239
76	Přerov	Bečva	17°28'	49°28'	213
77	Prostějov	Hloučela	17°07'	49°28'	226
78	Drahany	Haná	16°54'	49°26'	650
79	Vyškov - Brňany	Haná	17°00'	49°16'	255
80	Držková	Dřevnice	17°48'	49°19'	381
81	Zlín - (Gottwaldov)	Dřevnice	17°41'	49°14'	280
82	Uherské Hradiště	Morava	17°27'	49°04'	181
83	Pozlovice (Údolní Přehrada)	Olšava	17°46'	49°07'	290
84	Hodonín	Morava	17°08'	48°51'	169
85	Telč	Moravské Dyje	15°27'	49°11'	526
86	Znojmo	Dyje	16°02'	48°52'	306
87	Jevišovice	Jevišovka	16°00'	49°00'	315
88	Polička	Svratka	16°16'	49°43'	593
89	Tišnov	Svratka	16°26'	49°21'	274
90	Brno (Česká Technika)	Svratka	16°35'	49°12'	257
91	Čtyřicet Lánů	Svitava	16°29'	49°43'	418
92	Banín - Vodárna	Svitava	16°29'	49°40'	398
93	Letovice	Svitava	16°35'	49°33'	337
94	Jihlava	Jihlava	15°35'	49°24'	522
95	Třebíč	Jihlava	15°53'	49°13'	406
96	Velké Meziříčí	Oslava	16°01'	49°21'	425

97	Ivančice	Jihlava	16°22'	49°07'	209
98	Kyjov	Stupava	17°08'	49°01'	191