

# XHYS – hydromeliorační stavby

*Tomáš DOSTÁL doc.Ing. Dr., Petr KOUDELKA Ing. Ph.D,  
Pavla SCHWARZOVÁ Ing. Ph.D, Jana VALENTOVÁ Ing. CSc.,*

*katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství*

*B602, [dostal@fsv.cvut.cz](mailto:dostal@fsv.cvut.cz);*

*B607, [petr.koudelka@fsv.cvut.cz](mailto:petr.koudelka@fsv.cvut.cz)*

# Pravidla hry:

Cíl předmětu – příprava na bakalářské SZZ v oboru hydromeliorační stavby/vodohospodářské stavby

(většinu věcí jste již slyšeli nebo spíš ještě jednou uslyšíte v rámci specializovaných předmětů)

Účast na přednáškách není povinná

Přednášky na WEBu katedry

Na konci **TEST**

## Obsah:

- Eroze, ochrana a organizace povodí, MVN
- Úpravy toků, revitalizace toků a povodí
- Odvodnění
- Závlahy
- Závěrečný test

# Ochrana a organizace povodí

- předmět zájmu
- negativní dopady eroze
- dělení eroze, formy, následky
- protierozní opatření
- co dále patří do OOP

## Doporučená literatura:

- Janeček M. a kol. – Ochrana zemědělské půdy před erozí, ISV Praha, 2002
- Metodiky – Janeček a kol. – Ochrana zemědělské půdy před erozí, Praha 2012
- Novotný a kol. - Příručka proti vodní erozi, VÚMOP 2019

# disciplína **ochrana a organizace povodí**

vztaženo k **povodí** – jediná uzavřená jednotka v krajině

zahrnuje řadu otázek

- ☞ eroze a transport sedimentu
- ☞ větrná eroze
- ☞ transport živin a chemických látek
- ☞ energetické cykly
- ☞ ekologickou stabilitu
- ☞ zemědělskou využitelnost a hospodaření v povodí
- ☞ srážko-odtokové vztahy
- ☞ infiltrační zóny
- ☞ regulaci povrchového odtoku
- ☞ protipovodňovou ochranu v povodí (malých)

# eroze a transport sedimentu

Eroze – ztráta půdy, uvolňování a transport

Dělení:

- podle **příčiny** (vodní, větrná, ledovcová, antropogenní, ... )
- podle **formy** (plošná, výmolná, proudová)
- podle **intenzity** (normální, zrychlená)
- podle **mechanismu** (mezirýžková, rýžková)

Eroze je jevem **normálním a přirozeným** – ale v **přirozené** míře

V normálním měřítku se projevuje modelováním krajiny

Ve zvýšeném měřítku – negativní projevy



# Rýžková a rýhová eroze v k.ú. Lučkovice



# Vodní eroze

Možno rozdělit na 3 fáze:

1. Uvolnění – převážně dopadem kapek
2. Transport – převážně povrchovým odtokem
3. Depozice – po snížení transportní kapacity povrchového odtoku

# Negativní projevy:

## Vlivy na půdu:

- ztráta nejúrodnější svrchní vrstvy, trvalá
- selektivní působení – ztráta organické složky, nižší schopnost vázat živiny a vyrovnávat pH (sorpční kapacita)
- přímá ztráta vázaných živin spolu s částicemi
- eroze v jarním období – významné ztráty na osivu
- vyšší formy eroze – snížení obdělávatelnosti pozemků
- změny zrnitostního složení směrem po svahu – změny vlhkosti...

Foto: archiv VÚMOP Praha

## **Přímé materiální škody – vlivy na infrastrukturu:**

- škody na budovách
- škody na liniových stavbách (příkopy, cesty,...)
- zanesené pozemky – zahrady, ....

## Vlivy na vodní zdroje:

Obecně:

- zanášení (koryt i vodních nádrží)
- přímé kvalitativní vlivy (toxické látky, čpavek, těžké kovy,...)
- sekundární projevy (eutrofizace, zarůstání při snížení hloubek, kyslíkové problémy z uhynulé vegetace)



## Působení na vodní toky:

Zanášení koryta – snižování hloubek – zmenšení kapacity (zamokření pozemků, povodně, nutnost čištění – ekonomika, ekologie)

Sedimentace v tůních, nad stupni,.... Kvalita vody

Pesticidy, kovy

Problémy se splavností větších toků – zanášení (Dunaj – písky x Labe – bahno), problémy s objekty = uzávěry (manipulace na jezích)

Zákal

## Působení na vodní nádrže:

Erodované částice – sedimentují ve VN

Rozdíl MVN, VN

Nejhůře – průtočné vodní nádrže

- Sedimenty zabírají objem v zásobním prostoru – snižují zásobu vody, zabezpečení odběrů.... Nikoliv retenční kapacitu !!!!
- Sedimenty u vtoku – menší hloubka – zarůstání – zanášení....
- Živiny + škodliviny – eutrofizace
- Kyslíková havárie – další uvolnění živin a dalších látek
- Poměr obohacení „enrichment ratio“ – kovy, P, ...
- P vázán nerozpustně – erozní x celkový x BAP (biologicky dostupný P)...
- Podíl mezi P erozním a z bodových zdrojů.... (erozní jen 5 % je BAP)



$TP_{\max} = 81 \text{ mg/l}$   
 $Q = 140 \text{ l/s}$



$TP_a = 0,094 \text{ mg/l}$   
 $Q_a = 1,88 \text{ l/s}$

Koncentrace: 1000 x vyšší

Průtok: 100 x vyšší

**Celkové množství transportovaného P: 100 000 x vyšší**

*Zdroj: Mgr.Pavel Rosendorf, VÚV TGM Praha*







## Kvalita vody

**EUTROFIZACE** – zvýšení úživnosti prostředí

Dáno poměrem N:P:K

N, K – v nadbytku

P – limitující, v přírodě je nedostatek, neexistuje v plynné podobě

Trofie – oligotrofní x eutrofní..... Poměry a množství živin, dostupnost (formy)

P – rozpuštěný, partikulovaný (vázaný)

Přepočítává se na  $P_{\text{celk.}}$

Hranice eutrofie cca 0,01 – 0,05 mg/l  $P_{\text{celk.}}$

Běžné koncentrace

0,1 – 0,4 mg/l  $P_{\text{celk.}}$

Přípustná ztráta půdy:

**Dříve: 1 x 4 x 10 t/ha.rok (USLE) dle hloubky půdního profilu (30 x 60 x 90 cm)**

**Dnes: 4 t/ha.rok**

**Neodpovídá otázkám kvality vody, ale jen ochraně úrodnosti**

Poměr obohacení: poměr mezi vlastností půdy na původním stanovišti a v sedimentu – nejčastěji se týká vázaného P (erozní fosfor)

# USLE:

Universální rovnice ztráty půdy:

$$* G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \text{ (t / ha \cdot rok)}$$

- jde o čistě empirický model erozního procesu
- autoři: W. H. Wischmeier a D. D. Smith
- byla odvozena 1965 v USA na mnoha experimentálních plochách

na mnoha místech USA zřízeny tzv. **jednotkové pozemky** – jednotné parametry: **délka 22,13 m**  
**sklon 9 %**  
**trvalý úhor**  
**obděláván ve směru sklonu**

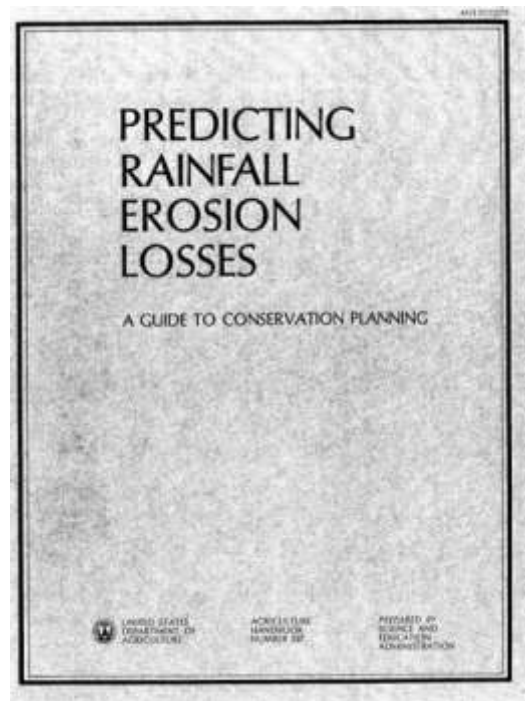
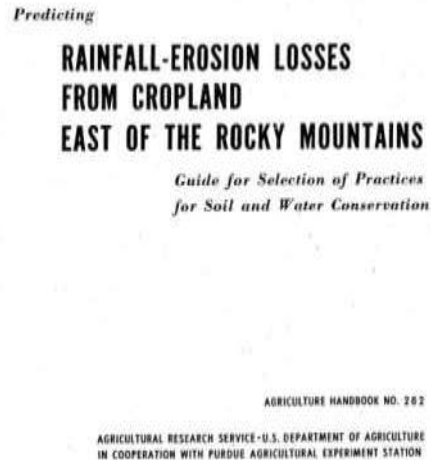
na pozemcích: pozorováním eroze, měření smyvů – regresní analýzou byla odvozena závislost na 6 faktorech (viz. předešlé přednášky \*)

# USLE:

1965 – první  
kompletní  
publikace

1978 – hlavní  
citovaná  
metodika

1992 – 2007  
Aktuální české  
verze metodiky



DNES PLATNÁ METODIKA: 2012  
( $G_p = 4 \text{ t/ha.rok}$ ,  $R = 40$ )



# Přípustná ztráta půdy: G (t/ha.rok)

Taková ztráta, která zajistí dlouhodobé ekonomicky přijatelné udržení úrodnosti půdy = odpovídá rychlosti obnovy půdního profilu... ☺

Do roku 2012 – podle hloubky půdního profilu:  
1 x 4 x 10 t/ha.rok

Od roku 2012:  
Mělké půdy – zatravnit; střední a hluboké: 4 t/ha.rok

V praxi velmi obtížné navrhovat – potíže při navrhování PEO v rámci KPÚ

# Faktory USLE - R:

## Faktor erozní účinnosti deště - R faktor:

vyjadřuje účinek srážek na velikost ztráty půdy

lze ho stanovit ze vztahu:

$$R = E \cdot i_{30} \quad \text{kde}$$

R ... faktor erozní účinnosti deště (MJ / ha·cm / h)

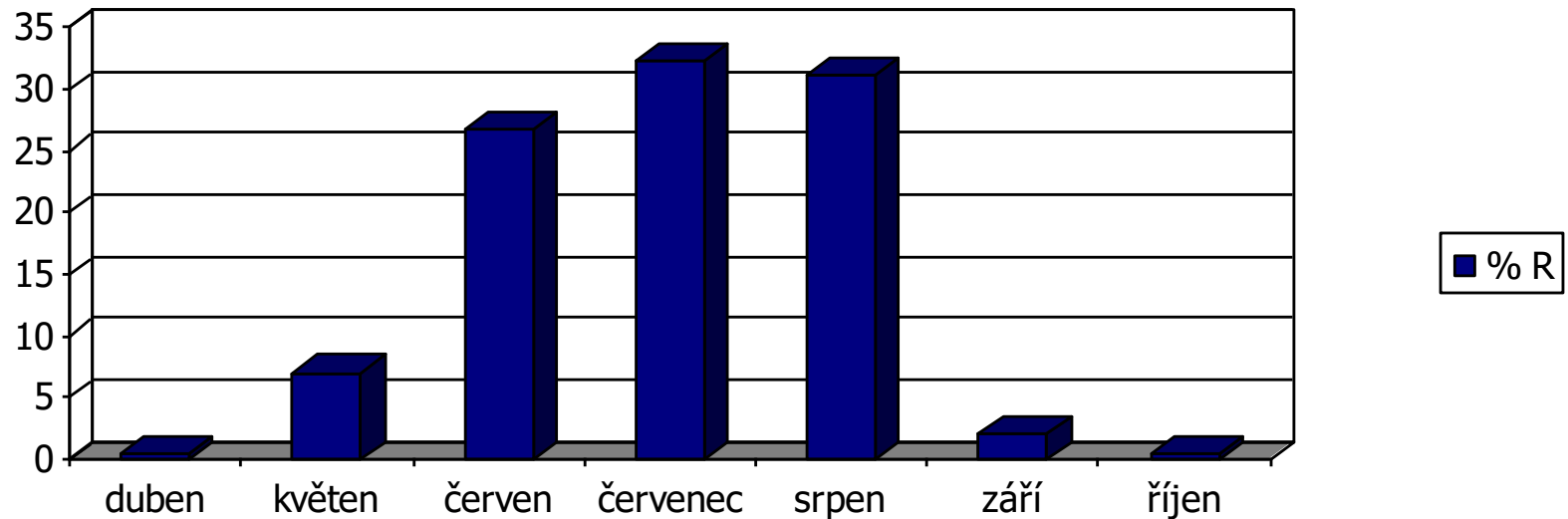
E ... celková kinetická energie deště (J / m<sup>2</sup>)

i<sub>30</sub> ... maximální třicetiminutová intenzita deště

**důležité** je rozdělení R faktoru během roku ( ? pravděpodobnost výskytu srážky v době, kdy je ochranný účinek kultur malý )

měsíc	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen
<b>R ( % )</b>	0,5	7,0	26,8	32,2	31,1	2,0	0,4

**Graf** – rozdělení R faktoru v průběhu vegetačního období



Průměrná hodnota R faktoru pro ČR = 20; od roku 2012 R = 40; od roku 2013 – regionalizace (několik různých map (MŽP, MZe, VÚMOP, VÚV, ....))  
Existuje přesnější regionalizace R faktoru – mapa izolinií průměrného R faktoru pro ČR (viz. 3. přednáška)



# Faktory USLE - K:

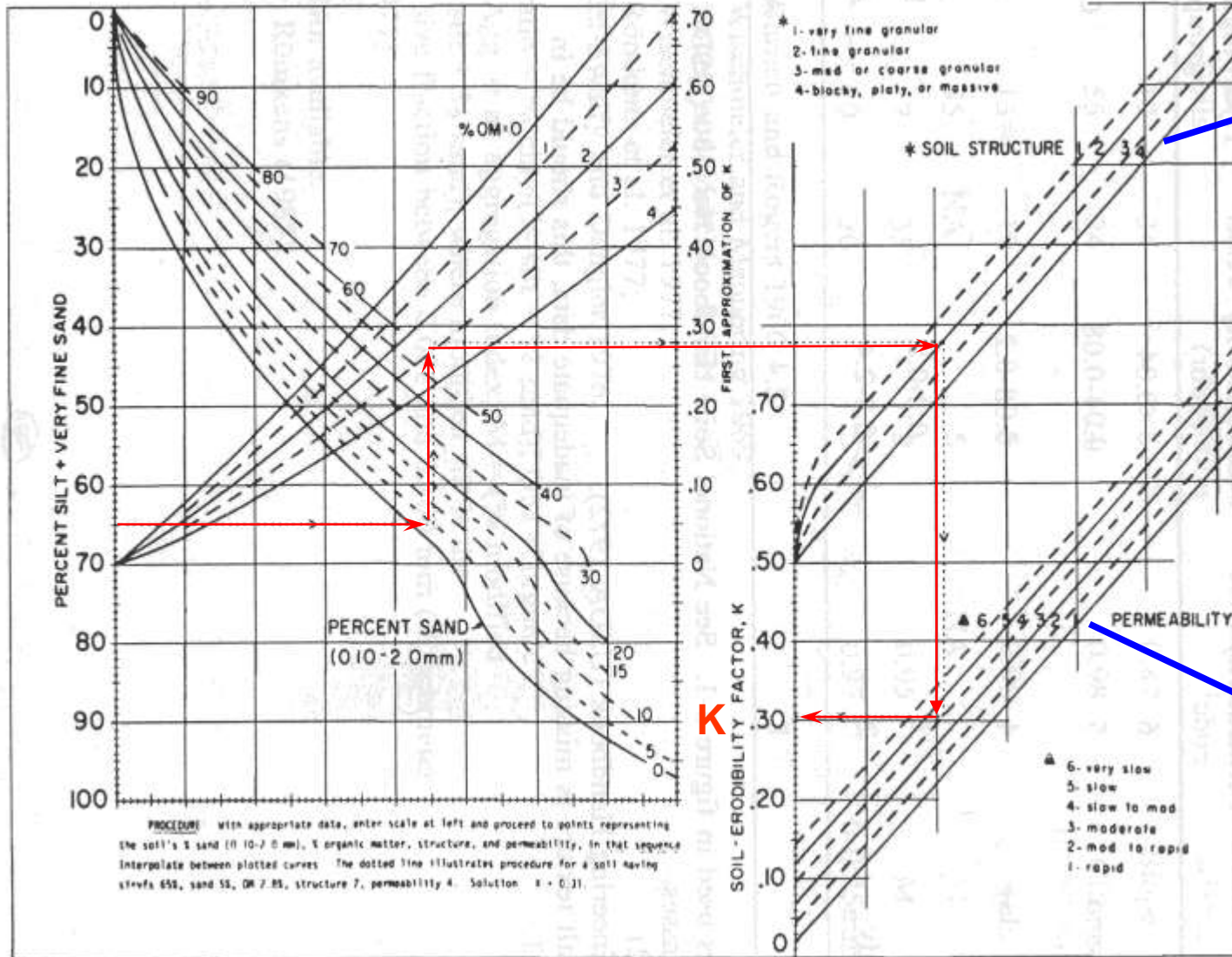
Faktor erodovatelnosti půdy - K faktor:

definován jako odnos půdy v tunách z 1 ha na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku; vyjadřuje vliv půdních vlastností na velikost ztráty půdy, závisí na textuře, struktuře, propustnosti, obsahu organické hmoty

Způsoby stanovení K:

- 1) z nomogramu
- 2) ze vzorce
- 3) z BPEJ, KPP - orientačně

# Nomogram:



## struktura půdy

- 1 – jemně drobovitá
- 2 – drobovitá
- 3 – hrudkovitá
- 4 – hrudkovitá

## propustnost

- 1 – vysoká
- 2 – střední až vysoká
- 3 – střední
- 4 – nízká až střední
- 5 – nízká
- 6 – velmi nízká

# Struktura půdy:



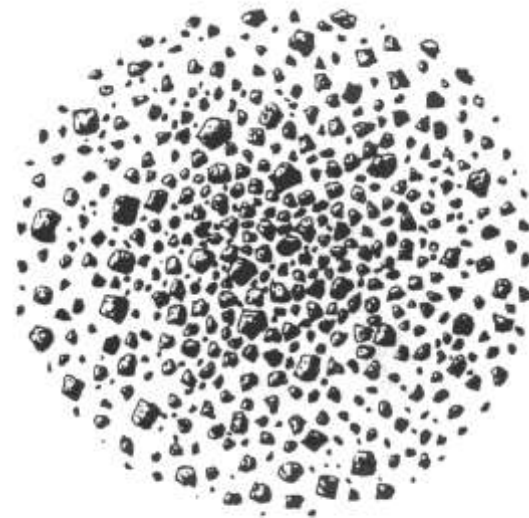
hrudkovitá



deskovitá



drobtová (zrnitá)



jemně drobtová (zrnitá)

## Vzorec, BPEJ:

2)

$$100K = \left[ 2,1M^{1,4} 10^{-4} (12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3) \right]$$

% prachu+jemného písku  
(0,002-0,1) x (100-%jílu)

% org.  
hmoty

třída struktury ornice

třída propustnosti  
půdního profilu

3) BPEJ – mapy 1 :5 000 na podkladě SMO, VÚMOP

**BPEJ** – bonitovaná půdně ekologická jednotka; pětimístná kód:

1. – klimatický region (0 - 9)
2. + 3. – hlavní půdní jednotka (HPJ - 78)
4. – sklonitost + expozice (0 - 9)
5. – skeletovitost + hloubka půdního profilu (0 - 9)

Existuje tabulka na přiřazení K faktoru dle HPJ (Janeček a kol., 2007)

4) Existuje i tabulka převodu z půdních typů – Vopravil et. al. 2007

Revised Soil Erodibility K-factor for Soils in the Czech Republic, Soil & Water Res., 2, 2007

# Faktory USLE - LS:

## Faktor délky a sklonu svahu - LS faktor:

zahrnuje vliv délky a sklonu svahu na velikost ztráty půdy – nazývaný též topografický faktor. Představuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy řešeného svahu ke ztrátě půdy na standardní srovnávací ploše (22,13 m, 9 %)

odděleně jsou hodnoty L a S vyjádřeny jako:

$$L = (d / 22,13)^m \quad \text{kde}$$

L ... faktor délky svahu

d ... nepřerušená délka svahu (m)

m ... exponent, závisí na sklonu, (0,1 – 0,5)

Wischmeier&Smith – 1957, 1978

$$S = (0,43 + 0,3 \cdot s + 0,043 \cdot s^2) / 6,613$$

Kde s ... sklon svahu v %

McCool (1987) – RUSLE

$$S = 10,8 \cdot i + 0,03 \quad \text{pro } s < 9\%$$

$$S = 16,8 \sin i - 0,5 \quad \text{pro } S > 9\%$$

Kde i = sklon (rad)

Odlišná je rovnice pro svahy do 4 m délky (násypy)

Pro extrémní sklony (přes 30%)

# Faktory USLE - LS:

Autoři doporučují počítat faktory L a S kombinovaně jako LS faktor

$$LS = L^p (1,36 + 0,97 \cdot s + 0,1385 \cdot s^2) / 100 \quad \text{kde}$$

LS ... topografický faktor

L ... délka pozemku, měřená od rozvodnice (m)

s ... sklon pozemku v %

p ... exponent, závisí na sklonu

Pro rychlé stanovení LS faktoru lze použít nomogram  
(M. Holý, Eroze a životní prostředí, 1994)

Při použití GISu pro výpočet ztráty půdy je výhodné použít program  
USLE2D pro výpočet LS faktoru

# Faktory USLE - C:

## Faktor ochranného vlivu vegetace - C faktor:

Hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C představují poměr smyvu na skutečném pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na pozemku s kypřeným černým úhorem při zachování stejných ostatních podmínek.

Faktor C – z **osevního postupu**, každá plodina má různý ochranný účinek (dle listové plochy na 1 m<sup>2</sup>)

Existují průměrné roční hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny – nemá však smysl počítat erozi s uvažováním jediné plodiny na pozemku.

Řepa	1,6 m <sup>2</sup>	Žito	15,6 m <sup>2</sup>
Řepka	1,7 m <sup>2</sup>	Jetel zvrhlý	22,7 m <sup>2</sup>
Kukuřice	11,7 m <sup>2</sup>	Jetel luční	26,4 m <sup>2</sup>
Ječmen	14,4 m <sup>2</sup>	Vojtěška	85,6 m <sup>2</sup>

podíl listové plochy na 1 m<sup>2</sup>

# Faktory USLE - C:

Faktor C lze určit přesněji v závislosti na vývojovém stádiu plodiny – 5 fenologických fází

1. fáze – hrubý úhor, orba až setí
2. fáze – období do jednoho měsíce po setí
3. fáze – období od jednoho měsíce do dvou měsíců po jarním nebo letním zasetí
4. fáze – růst a zrání osevu
5. fáze – zbytky plodin nebo strniště

Záleží na výskytu srážek v jednotlivých fenologických fázích



## C faktor dle fenofází:

Období vývoje plodiny		Období kalendářní		C.F					
1. 2. 3. 4. 5. Roč	Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
				1	2	3	4	5a	5b
	<b>Obilniny</b>	Po 1. roce po jetelovinách	OP	0,50	0,55	0,30	0,05	0,20	0,04
			St	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
		po obilninách	OP	0,65	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
			St	0,25	0,25	0,20	0,08	0,25	0,04
		po okopaninách a kukuřici	OP	0,70	0,75	0,50	0,08	0,25	0,04
			St	0,70	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
	<b>Kukuřice</b>	sláma předplodiny sklizena	OP	0,70	0,90	0,70	0,35	0,70	0,40
				O K	O K	O K			
			St	0,25 - 0,70	0,25 - 0,70	0,25 - 0,55	0,25	0,60	0,30
		sláma předplodiny nesklizena	OP	0,60	0,75	0,55	0,25	0,60	0,30
				O K	O K	O K	O K	O K	O K
			St	0,04 - 0,30	0,04 - 0,25	0,04 - 0,20	0,05 - 0,20	0,25 - 0,40	0,15 - 0,30
	do herbicidem umrtveného drnu	víceletých pícnin		0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03
		jílku jako ozimé meziplodiny		0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10
	<b>Brambory, cukrovka</b>	v přímých řádcích libovolného směru		0,65	0,80	0,65	0,30	0,70	
	<b>Vojtěška</b>						0,02		
	<b>Jetel červený dvousečný</b>						0,015		
	<b>Víceletá tráva, louky</b>						0,005		

Pozn.: 5a - sláma sklizena, 5b - sláma ponechána, O - po obilovině, K - po kukuřici, OP - setí do zorané půdy, St - setí do strniště

## Roční průměry C faktoru:

z jednotlivých vývojových fází plodiny během roku je stanovena průměrná roční hodnota C faktoru

Plodina	Roční průměr C	Plodina	Roční průměr C
Pšenice ozimá	0,12	Ostatní okopaniny	0,48
Žito	0,17	Řepka	0,22
Ječmen jarní	0,15	Slunečnice	0,60
Ječmen ozimý	0,17	Mák	0,50
Oves	0,10	Ostatní olejniny	0,22
Kukuřice na zrno	0,61	Len	0,25
Luštěniny	0,05	Kukuřice na siláž	0,72
Brambory rané	0,60	Ostatní pícejiny jednoleté	0,02
Brambory pozdní	0,44	Ostatní pícejiny víceleté	0,01
Cukrovka	0,44	Zelenina	0,45

# Faktory USLE - P:

## Faktor faktor vlivu technických opatření - P faktor:

vyjadřuje poměr odnosu ze skutečného pozemku s aplikací určitého způsobu opatření proti pozemku udržovaném běžnou agrotechnikou bez využití ochranných opatření

**Hodnota P** – často se bere 1 (nejsou žádná ochranná opatření)  
může se blížit k 0 za cenu extrémních finančních nákladů na technické opatření

<i><b>Protierozní ochrana</b></i>	<i><b>P faktor</b></i>
Orba po spádnici	1,00
Orba po vrstevnici	0,50
Brázdování	0,35
Pásové obdělávání	0,25
Terasy bez záchytného prostoru	0,20
Terasy se záchytným prostorem	0,10

# Modifikace USLE:

## RUSLE:

revidovaná universální rovnice ztráty půdy ; během 90. let došlo k přezkoumání USLE -> některé zásadní úpravy podnítily vznik RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)

- RUSLE lze aplikovat i na území s nezemědělským využitím, je volně přístupná na internetu: <http://www.sedlab.olemiss.edu/rusle/>

## **Rozdíly oproti USLE:**

- zpřesnění časového průběhu hodnot R faktoru v 15 – ti denním intervalu;
  - zpřesnění časového průběhu K faktoru v důsledku zhutňování, rozpadu půdních agregátů..;
  - nové vztahy pro LS faktor;
  - zpřesnění C faktoru (růst plodin v určitém intervalu)
- 
- RUSLE vyžaduje větší množství vstupních dat
  - existuje verze pro DOS (RUSLE 1) i WIN (RUSLE 2)

# Modifikace USLE:

## MUSLE:

jedná se o využití principů USLE se zahrnutím množství splavenin – zahrnutí transportního činitele v erozním procesu. Stanovuje množství splavenin z **přívalového deště v povodí o velikosti do 15 km<sup>2</sup>**. Je známa jako modifikovaná universální rovnice ztráty půdy (Modified Universal Soil Loss Equation)

$$G = 11,8 (Q \cdot q_p)^{0,56} \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad \text{kde}$$

G ... množství splavenin z přívalového deště (t)

Q ... objem přímého odtoku z přívalového deště (m<sup>3</sup>)

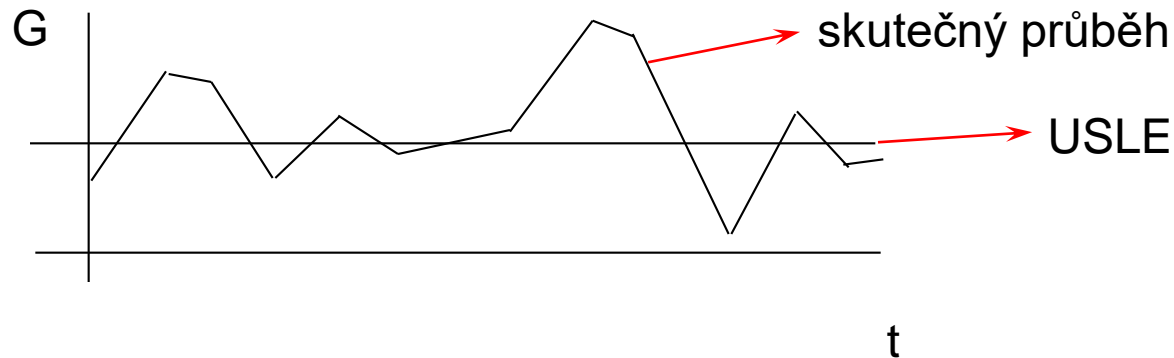
q<sub>p</sub> ... velikost kulminačního průtoku (m<sup>3</sup>/s)

K,L,S,C,P ... faktory USLE

Odtoky – např. pomocí CN křivek

# Použití USLE:

- nelze použít pro stanovení ztráty půdy z jedné hydrologické události – jedná se o dlouhodobé průměry



- nepočítá s vyšší formou eroze než s plošnou a rýžkovou (na 20 m svahu vyšší eroze nevznikne)



# ***Použití USLE:***

Odtokové profily nesmí být umístovány do údolnice!





# *Použití USLE:*

- Výstup z USLE  $\neq$  množství splavenin !
- USLE dává množství uvolněných částic
- Pro stanovení množství splavenin přenásobit ztrátu půdy poměrem odnosu SDR (retence povodí, drsnost, relief..)
- Neříká nic o ztrátě půdy/transportu sedimentu během jedné epizody

# ***Transport erozních splavenin do vodních toků***

- USLE – odvozena na jednotkové ploše – neudává transport splavenin
- Část erodovaného materiálu se zachycuje v depresích, travních pásech, .... V místech s nižší transportní kapacitou povrchového odtoku
- vstup do vodního toku je vždy nižší než ztráta na pozemku
- Možno několik způsobů výpočtu:
  - Nejjednodušší přístup – podle velikosti povodí (Robinson, 1977)
  - Redukční součinitel SDR (Sediment Delivery Ratio = Poměr Odnosu) SDR (0 – 1); SDR je funkcí plochy povodí, sklonitosti, hodnoty CN = odtokových podmínek
  - Matematické modely na principu transportní kapacity (WATEM/SEDEM)
  - Matematické modely fyzikálně založené (SMODERP, EROSION3D, ...)

# Protierozní opatření

## Základní pravidla PEO:

*... je snazší a levnější problémům předcházet než řešit jejich následky ....*

**(zabránit vzniku povrchového odtoku, erozních a transportních procesů a nikoliv zachycovat a těžit sediment)**

# **základní zásady PEO:**

- 1. trvalá ochrana půdního povrchu před přímým účinkem dešťových kapek**
  - trvalý travní porost
  - nastýlka (mulč)
  - vhodné plodiny
- 2. zamezení soustředování plošného povrchového odtoku**
  - nepřekročení přípustné délky svahu
- 3. zajištění míst přirozeného soustředování povrchového odtoku**
  - zatravněné údolnice, ...

na základě USLE = (popis erozních procesů)

$$G = R * K * L * S * C * P$$

**ovlivňovat lze:**

R – srážky ?????

K – půda – dlouhodobě (zvyšování podílu organické složky, nepoškozování struktury)

**L – délka svahu – přerušení, příkop, cesta, mez, ...**

S – sklon svahu – urovnávky, terasy

**C – vegetace – změny osevního postupu, zatravnění, zalesnění, ...**

**P – technická opatření – agrotechnika, použitá mechanizace, postupy, ...**

## opatření proti vodní erozi:

1. **organizační**
2. agrotechnická a vegetační
3. technická
4. hrazení bystřin a strží
5. ochrana strmých svahů



## 1. organizační opatření

- delimitace kultur
- protierozní rozmístění plodin
- velikost a tvar pozemku
- pásové střídání plodin
- pozemkové úpravy

většinou kombinace

## 1. organizační opatření

- **delimitace kultur**
- protierozní rozmístění plodin
- velikost a tvar pozemku
- pásové střídání plodin
- pozemkové úpravy

# delimitace kultur

rozdělení mezi zemědělskou x lesní (1952 – 1959)

uvnitř zemědělského půdního fondu:

- orná (osevní postup)
- zahrady (malé x velké)
- louky (obnova drnu, extenzivní x intenzivní,....)
- pastviny (TTP, obnova druhové skladby, údržba (rozvláčení exkrementů, vyžínání nedopasků,...)
- sady (agrotechnika, údržba meziřadí)
- vinice (meziřadí, terasy,...)
- chmelnice

orientační zásady:

- svahy nad 50 % - zalesnit (dotace na zalesňování)
- TTP na pozemcích
  - se sklonem nad 25 %
  - s dráhou soustředěného odtoku
  - s vysokou hladinou podzemní vody (překážky odtoku, údolní louky, inundace,...) (možno též k produkci energetických dřevin = dotace)
  - nad výškovou hranicí

V minulosti nebylo vždy všechno jen dobře a teď špatně....



Les poškozený pastvou dobytka – oblast Bologna, Itálie, cca 1920...





## 1. organizační opatření

- delimitace kultur
- **protierozní rozmístění plodin**
- velikost a tvar pozemku
- pásové střídání plodin
- pozemkové úpravy

## orientační zásady pro rozmístění plodin

sklon (%)	sklon (°)	vhodné plodiny
do 5	do 3	širokořádkové (délka svahů nad 300 m – PEO agrotechnika)
do 12	do 7	obilovina, řepka, len, okopaniny (PEO technologie), ochrana drah soustředěného odtoku
do 21	do 12	úzkorořádkové plodiny, minimální kultivace, speciální osevní postupy
nad 21	nad 12	ochranné zatravnění
nad 30	nad 17	ochranné zalesnění

## protierozní oseední postupy

- na svažitých pozemcích, vertikálně a horizontálně členitých
- PHO

cíl: zajistit vegetační kryt po většinu roku (i v zimě...)

základní skladba rotace plodin:

- obiloviny 45 – 50 %
- okopaniny, širokořádkové, technické 25 – 30 %
- 25 – 35 % víceleté pícniny na orné

$C = 0,2 - 0,25$

protierozní oseední postup:

$C = 0,1 - 0,12$

**EKONOMICKÁ OTÁZKA...**  
**???**

# Trvalé zatravnění

## PASTVINY

Zdánlivě velmi dobrá ochrana ....

Velmi záleží na

- kvalitě porostu
- přiměřené koncentraci zvířat – otázka dotační politiky a regulací

### Nutná údržba:

- vysíkání nedopasků
- rozvláčení exkrementů
- správná technika pastvy (ne celý pozemek najednou)

### Problémy:

- napáječky, krmiště – koncentrace dobytka
- zabránit v přístupu k toku, nikdy ne zamokřené pozemky
- solitérní stromy, výsadby.....



Pastvina s koňmi s vydupanými pěšinami – Moldava, SRN, 2006

# Trvalé zatravnění

## LOUKY

Míra ochrany závisí na typu a kvalitě porostu

Louky **extenzivní** x **intenzivní**



Pěkné, ekologicky cenné x ekonomicky nevýhodné

Blízko k monokultuře, vysoké výnosy, zastoupení jetele x méně ekologicky hodnotné, nutná obnova a hnojení

**Nutno řešit odbyt trávy x sena x senáže**

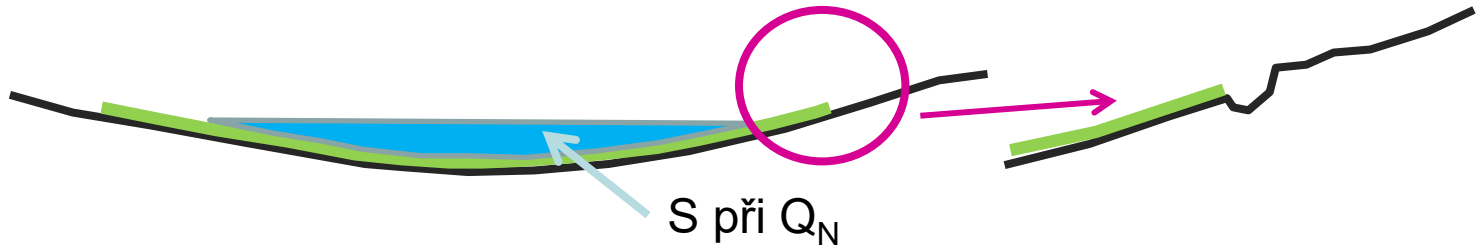


## Zatrávnění drah soustředěného odtoku

Kvalitní travní porost v širší údolnice – většinou bez terénních úprav

Travní pásy

- efektivní šíře (záběr mechanizace)
- efektivní plocha – aby se vyplatilo sklízet
- minimální šířka tak, aby byl zajištěn dostatečný průtočný profil



Problémové místo – hranice travního pásu x orné (rýha x val)

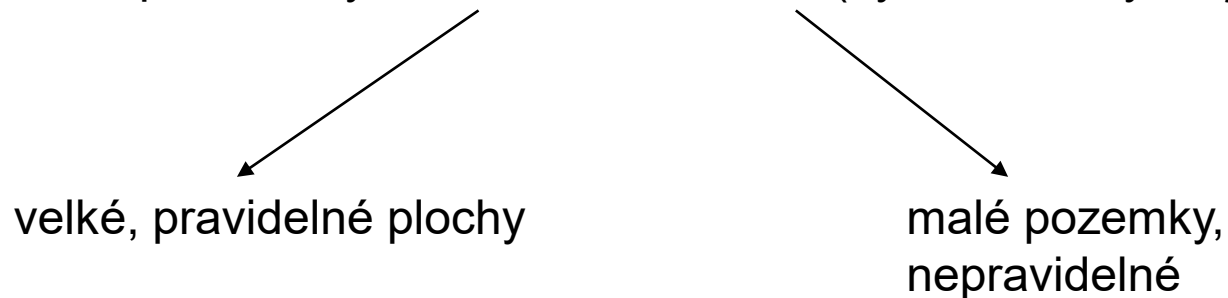




## 1. organizační opatření

- delimitace kultur
- protierozní rozmístění plodin
- **velikost a tvar pozemku**
- pásové střídání plodin
- pozemkové úpravy

sladit požadavky mechanizace a PEO (nyní i ochrany krajiny)



- ideální je obdélník 1:2 až 1:3 ve směru vrstevnic
- možno i víceúhelník (úhly nad 60 °, dvě delší strany rovnoběžné)
- velikost nad 5 ha nutná, nad 30 ha zbytečná

## 1. organizační opatření

- delimitace kultur
- protierozní rozmístění plodin
- velikost a tvar pozemku
- **pásové střídání plodin**
- pozemkové úpravy

travní pásy – zachytí splaveniny, sníží objem odtoku a jeho rychlost

pásy více a méně erozně náchylných plodin

v našich podmínkách – problematické – hranice by měla sledovat vrstevnici – není přímá

Pokud vznikne povrchový odtok, pás ho nezastaví.....



Pás obilovin o šíři 20 m nezachytil  
odtok a sediment z pole s bramborami  
(SRN, Freital, VIII.2004)

## 1. organizační opatření

- delimitace kultur
- protierozní rozmístění plodin
- velikost a tvar pozemku
- pásové střídání plodin
- **pozemkové úpravy**

dnes prakticky jediný efektivní způsob jak lze obecně platné zásady dostat do praxe – získat (zachovat) plochy na tzv. **společná zařízení** – cca 5 – 7 % plochy (příkopy, remízy, meze, ...), změnit tvary pozemků, ...

Pozemkové úpravy nejsou samy o sobě PEO; ale PEO jsou součástí Pozemkových Úprav. A pozemkové úpravy jsou pro farmáře atraktivní. Touto cestou je pak možno navržená technická protierozní opatření prosadit do praxe a realizovat.



## opatření proti vodní erozi:

1. organizační
2. **agrotechnická a vegetační**
3. technická
4. hrazení bystřina a strží
5. ochrana strmých svahů

## 2. opatření agrotechnická a vegetační

- **vrstevnicové obdělávání**
- ochranné obdělávání půdy
- protierozní technologie pěstování kukuřice, brambor, řepky, cukrovky
- ochrana chmelnic
- ochrana sadů



## 2. opatření agrotechnická a vegetační

- vrstevnicové obdělávání
- **ochranné obdělávání půdy**
- protierozní technologie pěstování kukuřice, brambor, řepky, cukrovky
- ochrana chmelnic
- ochrana sadů

Základní princip – obdělávat půdu tak, aby :

- byl povrch co možná trvale chráněn vegetací (živou/mrtvou) před dopadem kapek
- aby byl udržován obsah organických látek (organického C)
- aby nebyla půda zbytečně hutněna, drobená, .... (poškozována její struktura) (kombinovaný sklizňový a dopravní stroj na cukrovku váží cca 60 t (nesmí na silnici) – zhutnění půdy měřitelné do hloubky 4 m)

Z tohoto pohledu – klasické konvenční obděláváno postavené na cyklu:

- sklizeň
- orba
- smykování
- vláčení
- setí

**Není ideální ani vhodné – na některých půdách nicméně stále nezbytné**

Další způsoby:

## **BEZOREBNÁ KULTIVACE**

Setí do mulče

Setí do meziplodin

minimální zásah do povrchu půdy, zmenšení počtu operací

orba nahrazena kypřiči

stroje půdu nepřeklápí, ale jen drobí

## způsoby obdělávání, kdy alespoň 30 % rostlinných zbytků zůstává na povrchu půdy (mulč)

### výhody:

- zvýšení vlhkosti (nižší výpar, vyšší infiltrace)
- omezení tvorby krusty
- úspora energie, snížení počtu pojezdů, organické látky

### nevýhody:

- snížení teploty
- možnost zaplevelení, výskyt škůdců a chorob
- výkonnější a dražší stroje
- před- a po-plodiny odčerpávají živiny a vláhu

minimální zásah do povrchu půdy, zmenšení počtu operací

orba nahrazena kypřiči

stroje půdu nepřeklápí, ale jen drobí



rotační kypřič se secím strojem









*unverdichtet*



*schadverdichtet*

## 2. opatření agrotechnická a vegetační

- vrstevnicové obdělávání
- ochranné obdělávání půdy
- protierozní technologie pěstování kukuřice, brambor, řepky, cukrovky
- ochrana chmelnic
- **ochrana sadů a vinic**

- **zatravněná meziřadí**

- výhody:*

- PEO
    - snadnější pohyb

- nevýhody:*

- eroze
    - myši
    - nutnost sečení
    - ztráty vody a živin → vhodné v oblastech se srážkovým úhrnem nad 400 mm

- **krátkodobé porosty v meziřadí** (ozimé žito, pšenice – min. šířka pásu 2,0 m)

- **mulčování** – vrstva 10 – 20 cm

- **terasování** – viz technická opatření



klasické meziřadí



## opatření proti vodní erozi:

1. organizační
2. agrotechnická a vegetační
- 3. technická**
4. hrazení bystřin a strží
5. ochrana strmých svahů

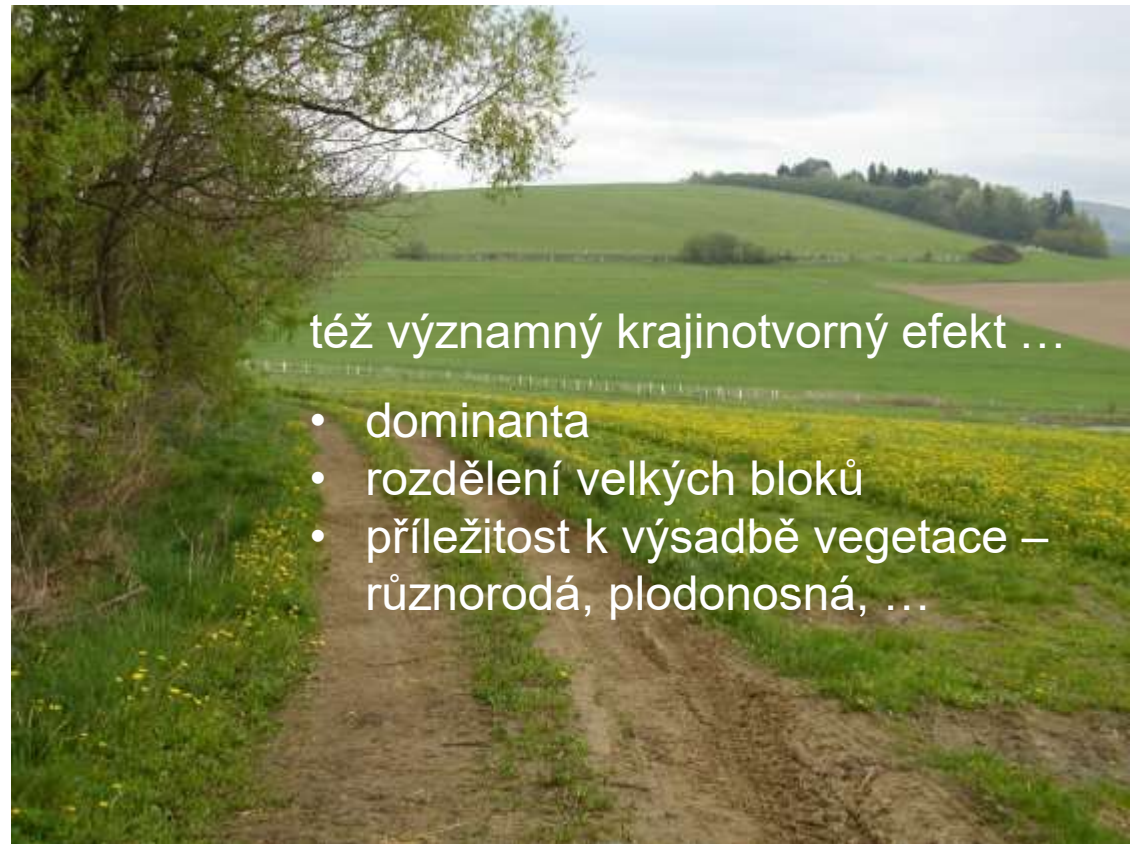
## PROČ? = účel

- přerušení volných drah soustředěného odtoku
  - snížení podélného sklonu
  - ochrana před přítokem „cizích“ vod
  - neškodné odvedení povrchového odtoku
  - zpomalení povrchového odtoku a zachycení sedimentu
  - ochrana intravilánů
- navíc vždy, když PEO nelze dosáhnout „měkčími“ prostředky



# protierozní meze

- přísně vrstevnicová orientace
- vzniká postupně naoráváním
- stupeň (např. výška 1 – 2 m, sklon 1:1,5)
- efekt – snížení sklonu svahu
- stabilizace zatravněním, snosy kamene, vegetace



též významný krajínovorný efekt ...

- dominanta
- rozdělení velkých bloků
- příležitost k výsadbě vegetace – různorodá, plodonosná, ...

Klatovsko, ukázka pozemkových úprav

- ✓ pokud není dodržena vrstevnicová orientace, nutno doplnit svodným prvkem
- ✓ svodné prvky = hydrotechnické = (příkopy, průlehy)
- ✓ i pro zlepšení funkce – sama mez nemá retenční funkci
- ✓ travní pás nad mezí (nad příkopem) zachytí splaveniny



## Mez nová:

Nízká hrázka, zachycující povrchový odtok

S výsadbou vegetace – často ekologický prvek v krajině (kameny, ...)

Mírný sklon, aby vodu odváděla

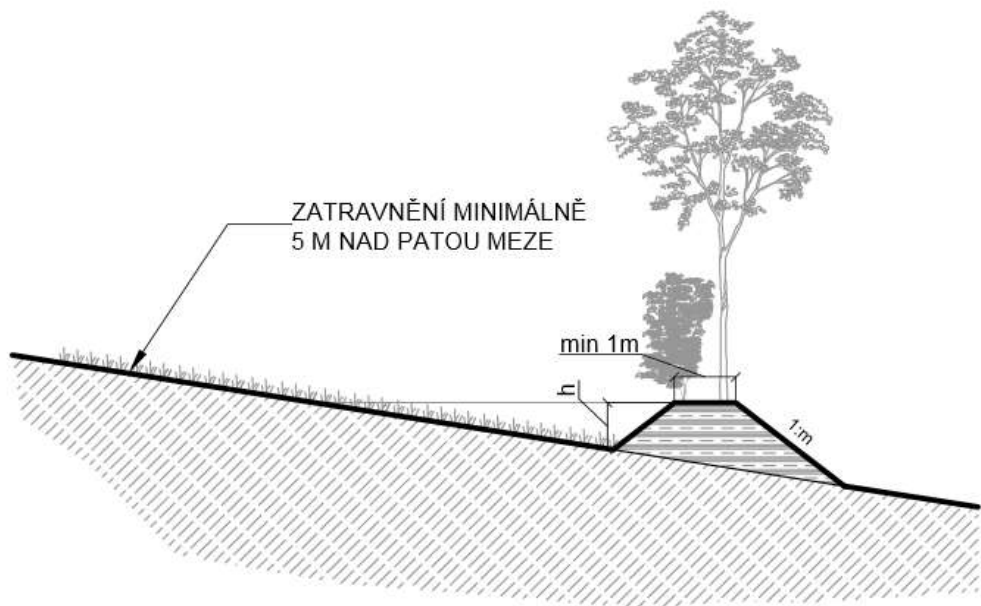
Vhodné je doplnění svodným prvkem = příkopem x průlehem

Nad mezí, příkopem, průlehem travní pás – zachycování splavenin

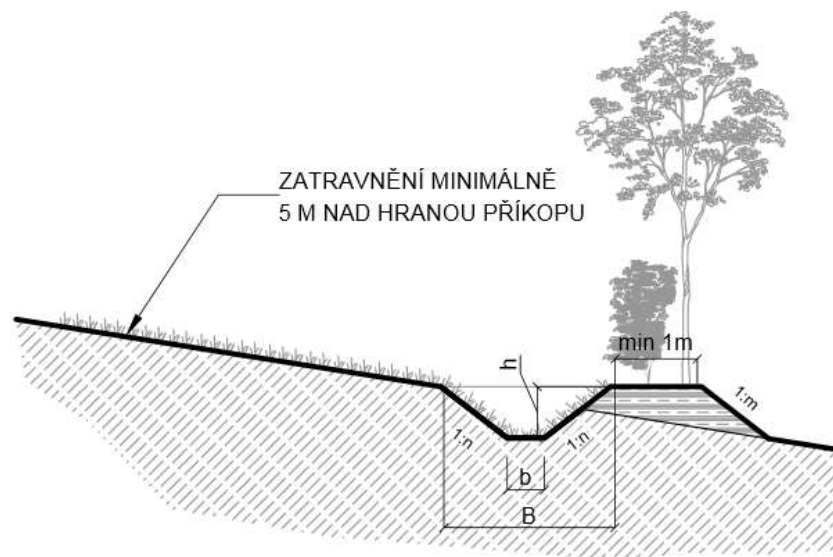
Přechodový prvek – kombinace hrázky a průlehu x příkopu

Omezení využití pozemku – řešit přejezd

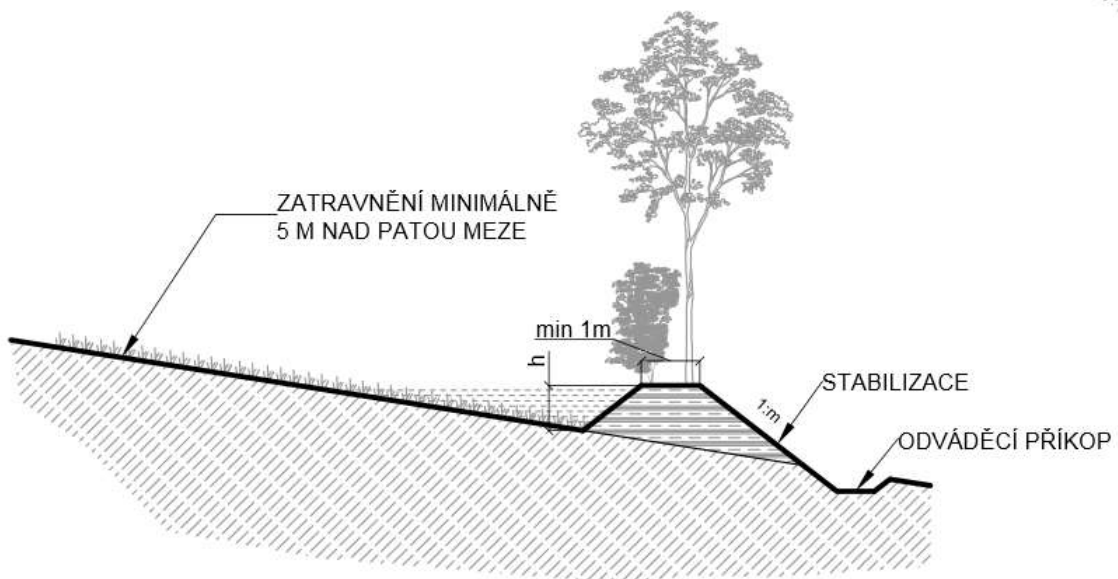
ZATRAVNĚNÍ MINIMÁLNĚ  
5 M NAD PATOU MEZE



ZATRAVNĚNÍ MINIMÁLNĚ  
5 M NAD HRANOU PŘÍKOPU



ZATRAVNĚNÍ MINIMÁLNĚ  
5 M NAD PATOU MEZE



## terasování

- ochrana extrémně svažitéch pozemků (cca nad 20 %)
- na hlubokých až velmi hlubokých půdách

výrazný zásah do

- pedologie
- morfologie
- biologie krajiny



- krajní řešení
- extrémně náročné – technicky i finančně
- pouze ve výjimečných případech → zvláštní plodiny (vinice, sady, ...)

terasa = plošina + svah



### stupňovité zemní

- stupeň je zemní, stabilizován vegetačně nebo rohoží
- sklon závisí na zemině – stabilita svahu ...
- jednodušší, ale větší zábor plochy stupněm

### stupňovité s opěrnými zdmi

- stupeň stabilizován opěrnou zdí
- materiál kámen, beton, ...
- technicky náročnější, ale úspora místa

**terasy**

A diagram consisting of two arrows. One arrow points from the 'terasy' text to the 'stupňovité s opěrnými zdmi' box, and the other points from the 'terasy' text to the 'stupňovité zemní' box, indicating that both are types of terracing.

## terasy

### úzké

- výsadba 1 – 2 řad révy nebo ovocných stromů
- sklonitější území

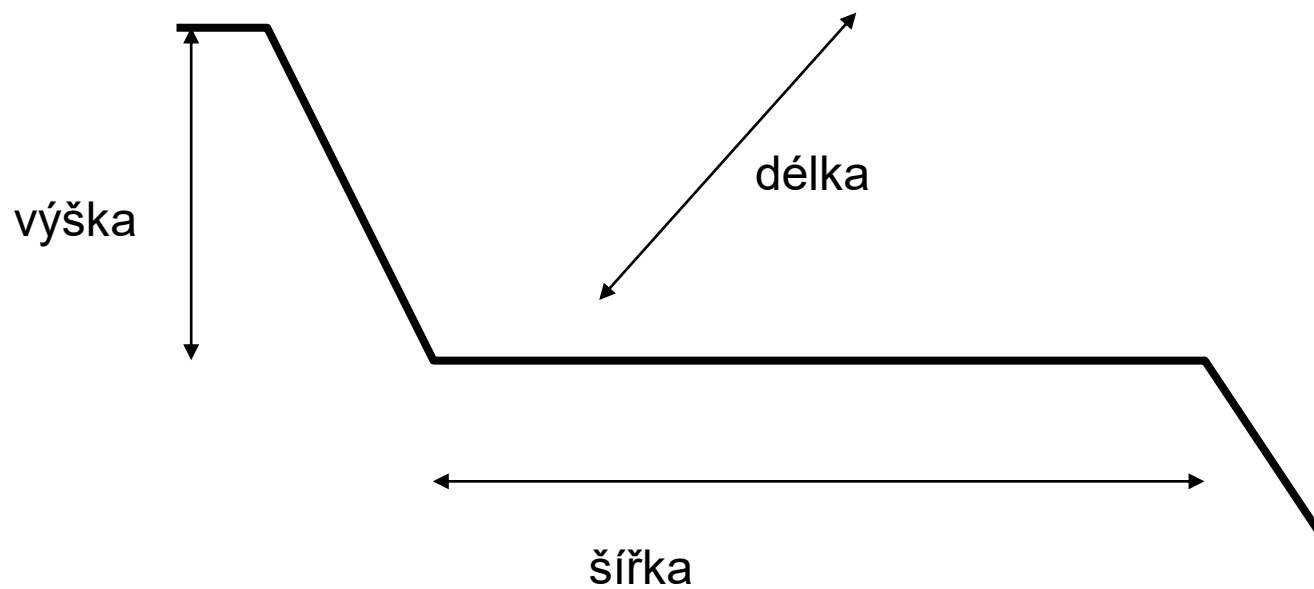
### široké

- výsadba 3 a více řad révy nebo ovocných stromů
- pro méně sklonitá území
- hlubší půdy, větší přesuny hmot

### terasové dílce

- neparalelní, délka nemusí být převládajícím rozměrem
- nejmenší šířka – cca 20 m
- v nepravidelném terénu

terasa – charakterizována délkou a šířkou



- **podélný sklon** 1 – 3 %
- svah náleží k plošině **výše položené**

## CHARAKTERISTIKY:

výška teras – teoreticky do 8 m, běžně 2 – 6 m.

sklony svahů: 1:1 (nízké), nad cca 2,5 m 1:1,25 – 1:1,5

- svahy – zpevněné vegetací  
= osetí trávou (ohumusování + osetí) nebo hydroosev
- posouzení stability:
  - ✓ svahy vyšší než 6 m
  - ✓ svážná území a jílovité půdy
  - ✓ jindy – pokud je požadavek nebo pochybnost

prvky hydrografické = hydrotechnické

## protierozní příkopy

zachycování a odvádění povrchového odtoku a splavenin

**záchytné** (obvodové) – vnější vody  
**sběrné** – vnitřní vody (omezení délky pozemku)  
**svodné** – odvod vody do recipientu



jednotlivě nebo v systému – paralelně nad sebou (vzdálenost menší než přípustná délka svahu)

otevřené, lichoběžníkové, zpevněné x nezpevněné

dimenzování →  $Q_1 - Q_{100}$



příkopy - riziko zanášení, nutnost objektů

- proto lépe průlehy

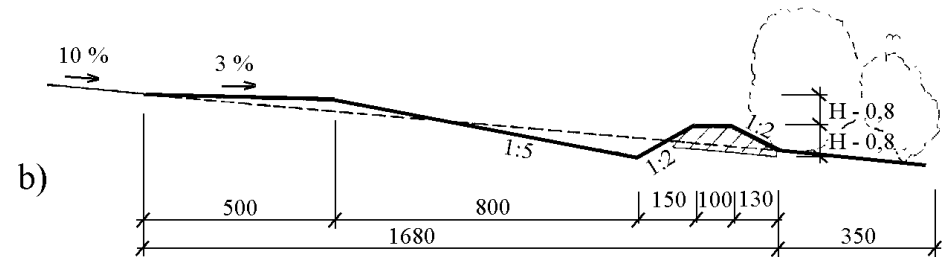
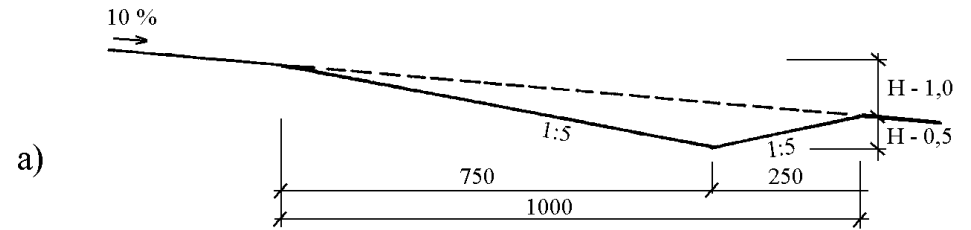
**průlehy**

**zachycování**

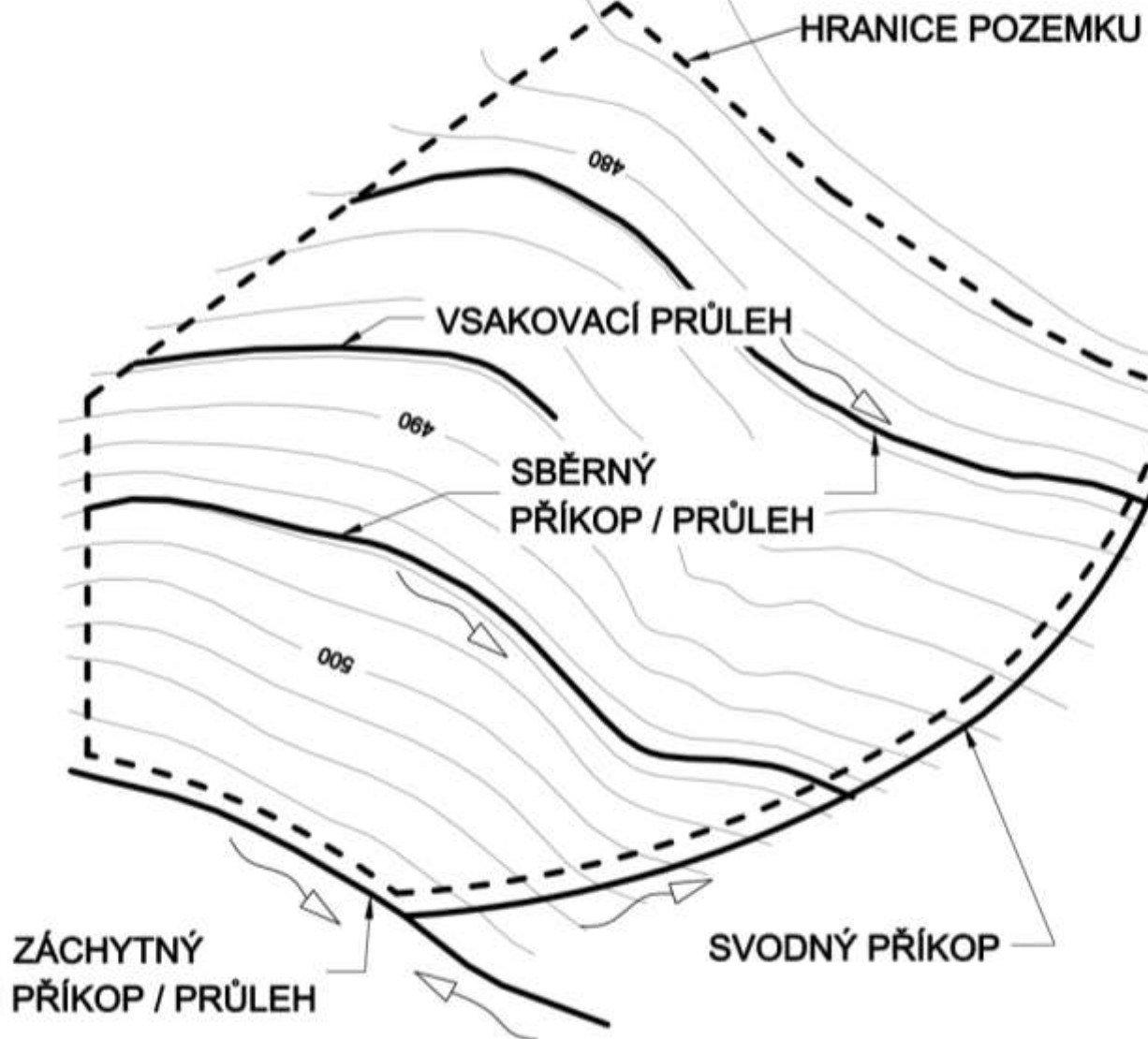
**infiltrace**

**odvádění**

(krátkodobého povrchového odtoku)



mělké, široké, zpevněné vegetací, mírné sklony svahů (1:5 – 1:10) - přejezdné



# Návrh

- Nutno dimenzovat
- Na návrhovou událost = srážku = odtok
- Návrhový průtok (hydrogram, nebo jen hodnota)
- Výpočet – metodou SCS-CN nebo některým ze simulačních modelů
  
- Stabilizace: zpevněný x nezpevněný
- Záleží na hloubce x podélném sklonu x průtoku
- Kritické rychlosti, tečná napětí (úpravy toků)
- Stabilizace – nutno příkop čistit = hladké tvrdé nebo bez opevnění, štěrk je problematický
  
- Objekty: propustky, zaústění, spádové objekty

# ZÁCHYTNÉ

Na hranici pozemku,  
nepustit vodu na chráněný pozemek,  
zachytit, odvést

Nezpevněné

Mírný sklon

Dimenzuje se na  $Q_5 - Q_{50}$

# SBĚRNÉ

V rámci pozemku,  
Zachytit a odvést vodu před dosažením kritické délky svahu

Nezpevněné

Mírný sklon

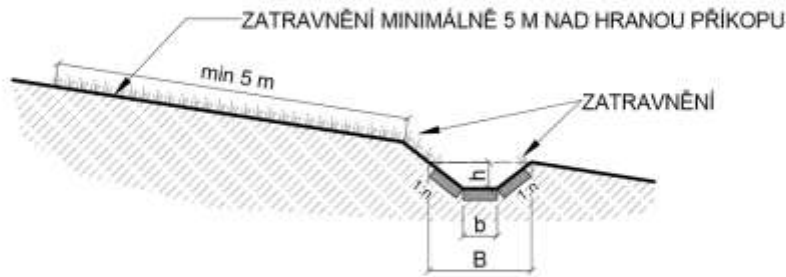
Dimenzuje se na  $Q_5 - Q_{10-20}$

Řešit přejezdy na pozemku

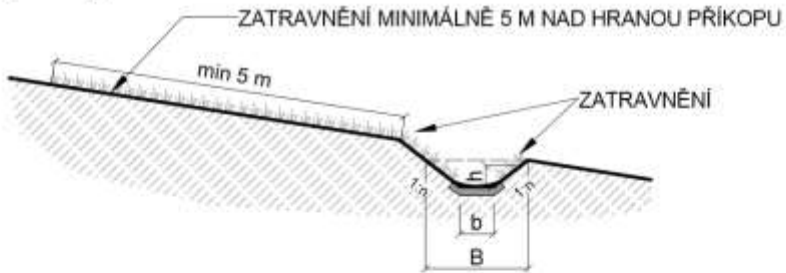
# SVODNÉ

Bezeškodný odvod vody až do recipientu  
Zpravidla opevněné – po spádnici

# PŘÍKOP - OPEVNĚNÍ POMOCÍ BETONOVÝCH TVÁRNIC příčný řez



# PŘÍKOP - OPEVNĚNÍ POMOCÍ ŽLABOVEK příčný řez



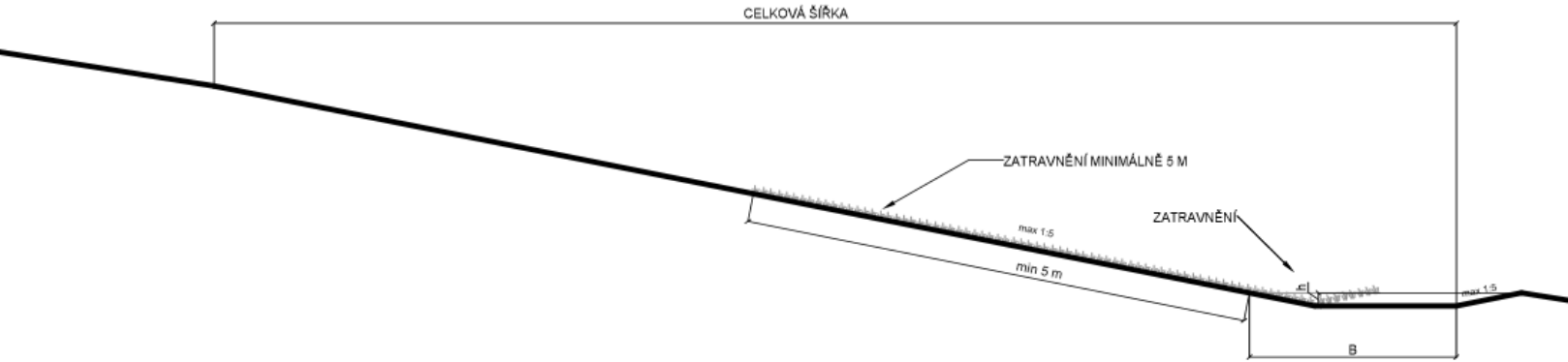
# PŘÍKOP - BEZ OPEVNĚNÍ příčný řez



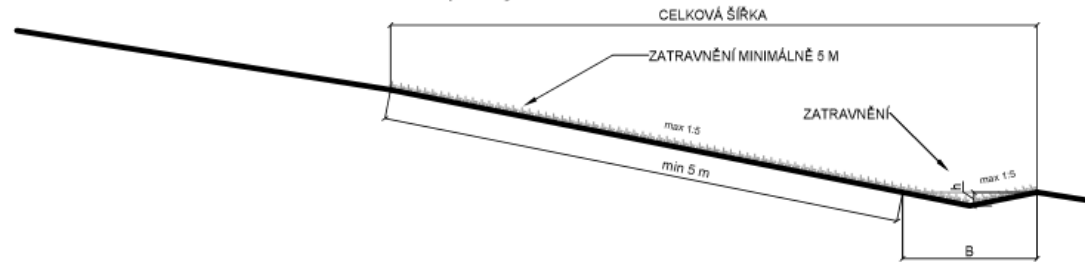


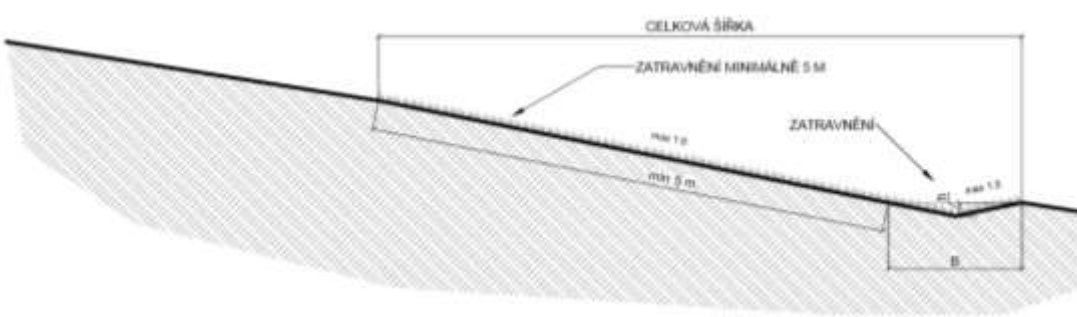


# PRŮLEH - LICHOBĚŽNÍKOVÝ PROFIL příčný řez

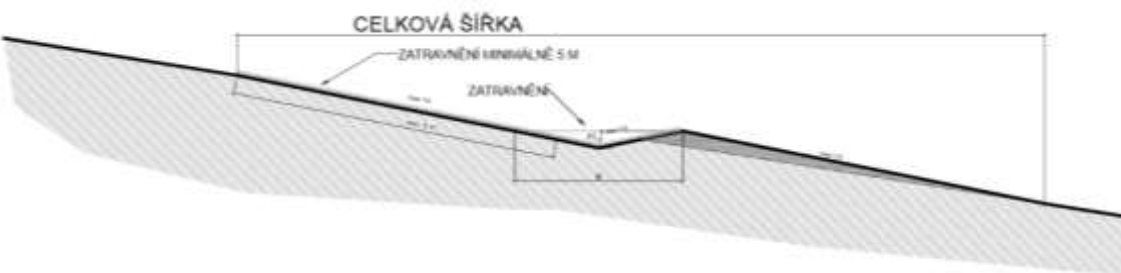
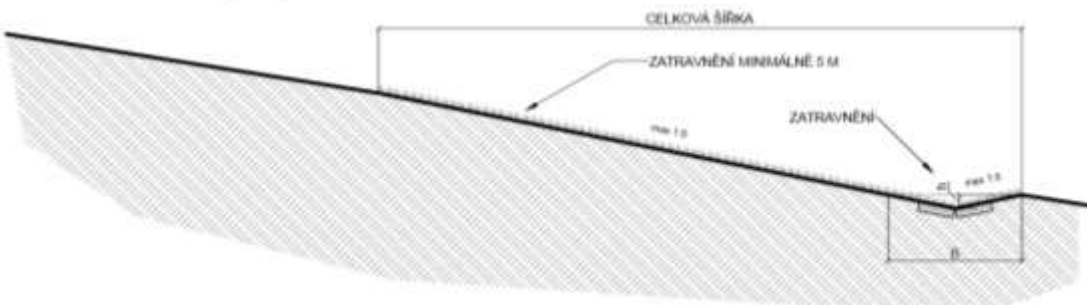


# PRŮLEH - TROJÚHELNÍKOVÝ PROFIL příčný řez





PRŮLEH - TROJÚHELNÍKOVÝ PROFIL, OPEVNĚNÍ POLOVEGETAČNÍMI  
TVÁRNICEMI  
příčný řez



## Zatrávněné dráhy soustředěného odtoku – alespoň $Q_{10}$

→ údolnice odvodněna drenáží – nepoškodovat mechanizací



## polní cesty s protierozní funkcí

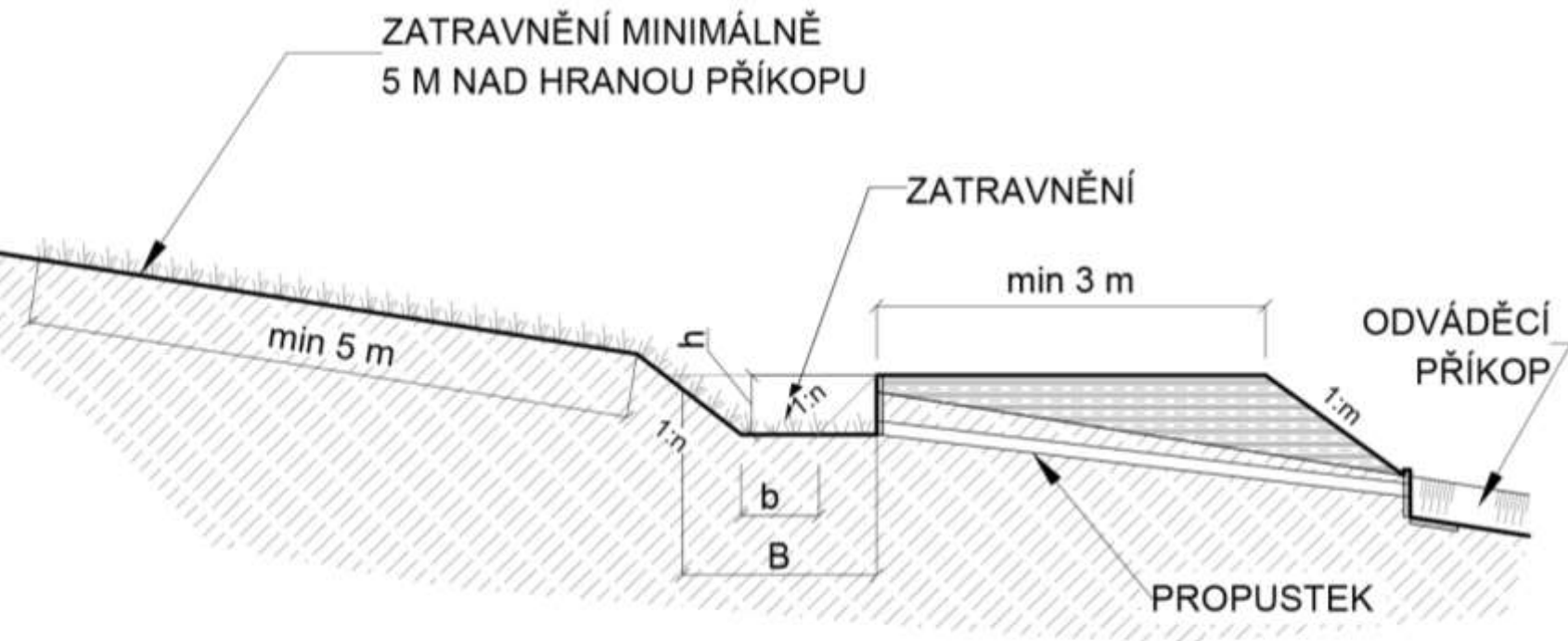
- ✓ polní cesty s příkopem – vedeny vrstevnicově
- ✓ příkop (průleh) na straně ke svahu !

cesty v násypu

- i funkce protierozních hrázek (!!!)

- více zařízení v jediném koridoru (ÚSES, PEO, komunikace,...) – snazší lokalizace a realizace





**ochranné nádrže** = sedimentační nádrže, poldry

s trvalým nadržním

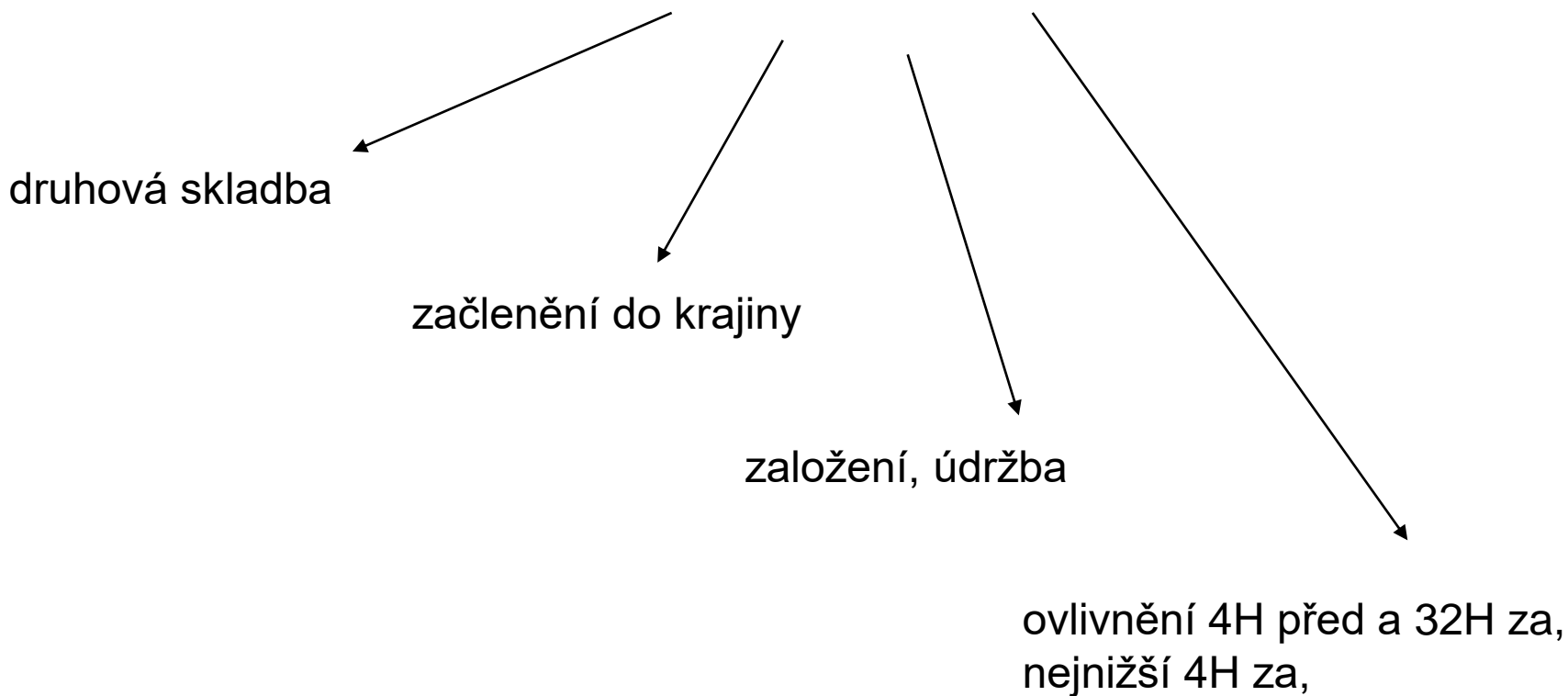
bez trvalého nadržení

ochrana cenných území (intravilánů, objektů,...)

kapacita – alespoň  $Q_{50}$  (???)

# větrná eroze

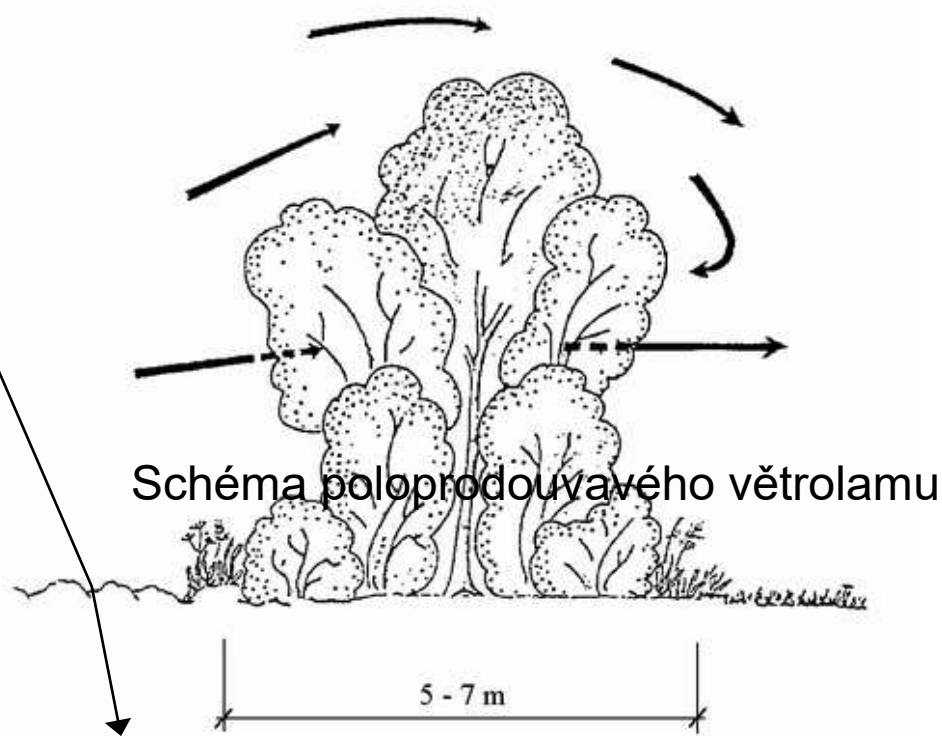
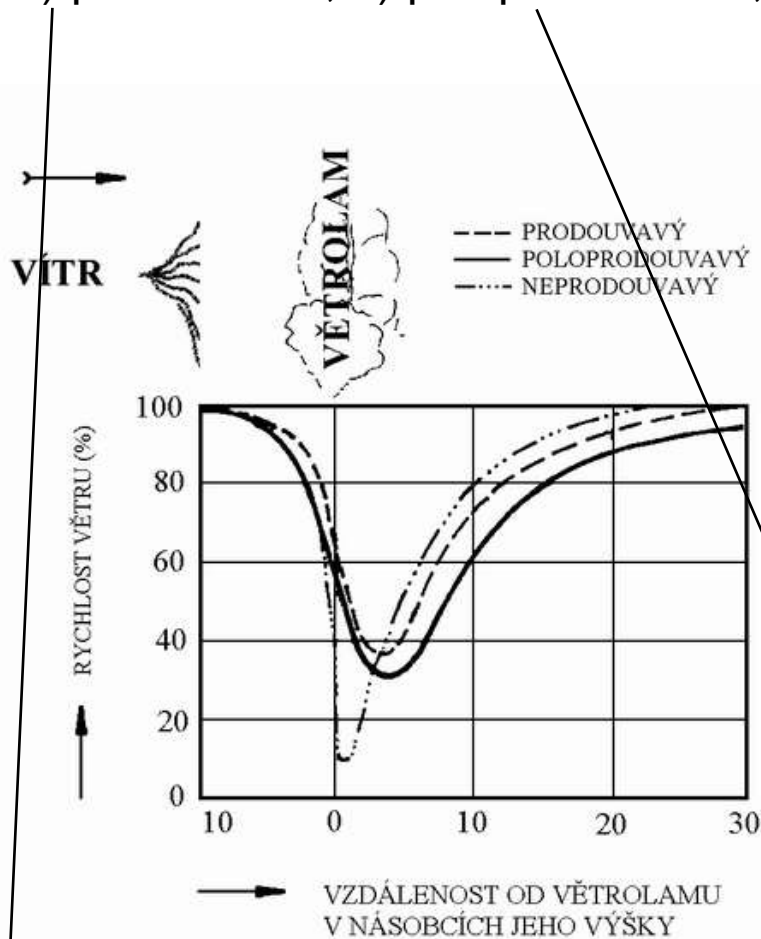
- cca 20 % zemědělské půdy je ohroženo
- selektivní proces
- větrolamy





Z hlediska propustnosti a účinnosti se větrolamy rozdělují na:  
 a) prodouvané, b) poloprodouvané, c) neprodouvané

více řad stromů i keřového patra zapojených v celé výšce a tvořících neprodyšnou stěnu



1 nebo 2 řady stromů bez keřového patra

1 – 2 řady stromů a keřové patro (koruna stromů má menší zapojení a keřové patro není příliš husté)



# srážko-odtokové vztahy

- stav povodí z hlediska produkce povrchového odtoku
- stav půdy z hlediska infiltrace
- vegetace
- retence v území

podrobněji viz. později

# protipovodňová ochrana v povodí (malých)

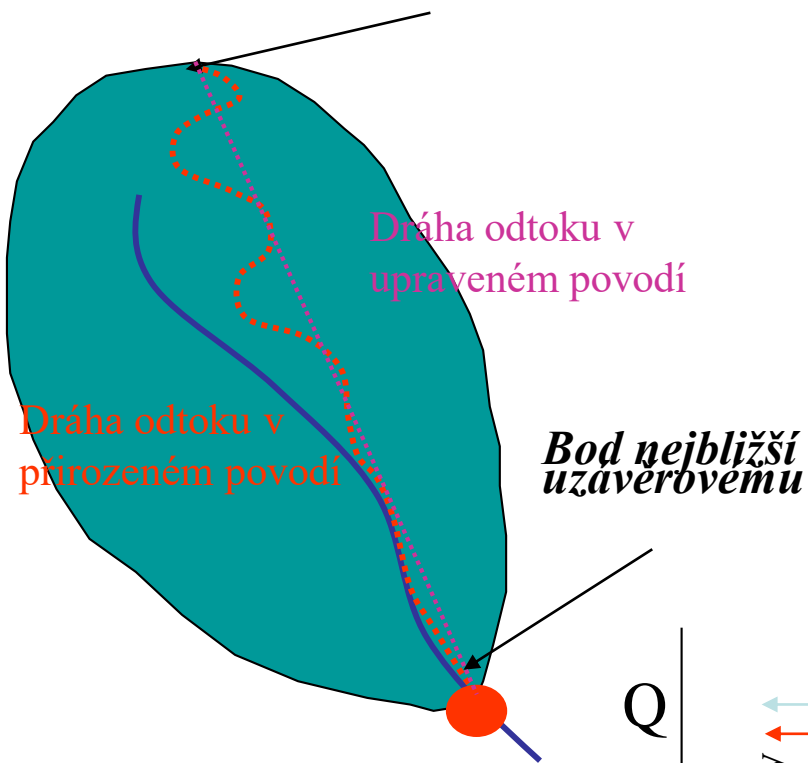
- uspořádání povodí
- kumulace (střetávání) povodňových vln
- stav koryt a retenčních prostorů
- stav inundací a pozemků podél toků
- volný průtočný profil
- stav intravilánu

# **Vznik povodní**

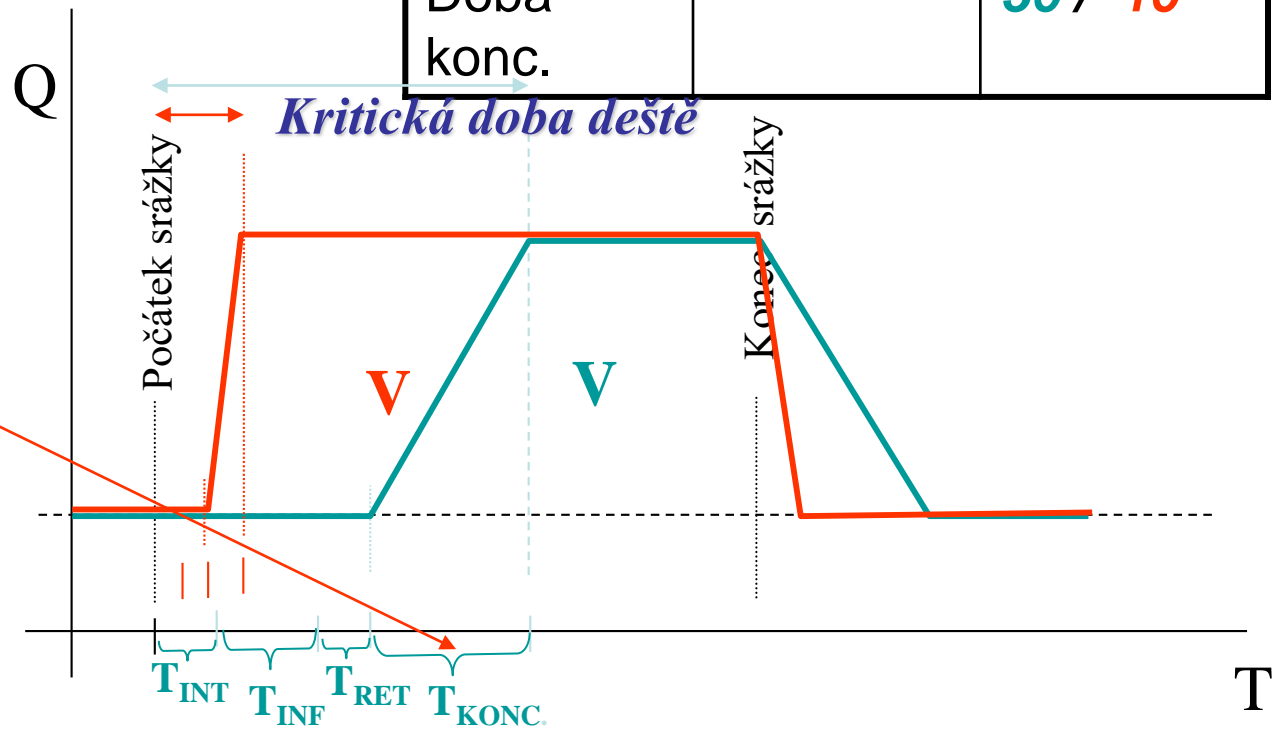
**Malé povodí – přívalovou srážkou**

**Velké povodí – regionální srážka, tání sněhu**

*Bod nejvzdálenější od uzavřerového*



LES/ ZPEVNĚNÁ PLOCHA	H(mm)	T(min)
intercepce	4 / 0	20 / 0
infiltrace	8 / 0,5	40 / 5
retence	3 / 1	15 / 5
	<b>15 / 1,5</b>	<b>75 / 10</b>
Doba konc.		<b>50 / 10</b>



**Doba koncentrace**

# Maximální možný průtok pro srážku dané intenzity nezávisí na způsobu využití území

Závisí na **době opakování....** na **trvání srážky....**

## PŘÍKLAD

**Nepropustné povrchy** – max. průtok po **20 minutách** – taková srážka přichází často

**Povrchy s vysokou retencí** – max. průtok po **více než 2 hodinách** – výjimečná srážka

## stav povodí nemůže odvrátit nebezpečí povodní

Celková retence:

- les: 15 mm
- zastavěné území: 1,5 mm

Srážka 20 mm (cca  $Q_{10}$ ) – rozdíl v odtoku: **5 x 18,5 mm – významný**

Srážka 300 mm (cca  $Q_{100}$ ) – rozdíl v odtoku: **285 x 298,5 mm - zanedbatelný**

**Vliv stavu krajiny – významný do srážek s dobou opakování  
cca 20 let**

**Děkuji za pozornost...**