

METODY HYDROLOGICKÉHO VÝZKUMU

Cvičení č. 3

Stanovení výšky odtoku pomocí metody CN

Zadání:

Pro zadanou stanici vypočítejte výšku a součinitel odtoku pro všechny N-leté 24-hodinové úhrny srážek a pro všechny tři možné předchozí vláhové podmínky. V blízkosti vybrané srážkoměrné stanice si vymezte malé dílčí povodí, klidně o rozloze pouze okolo 1,00 km², a to například na podkladu základní mapy. Pro usnadnění není potřeba vybírat plochu s více druhy využití, stačí třeba pouze zemědělsky využívaná plocha, nebo jen les. Podle vyhodnocení všech ukazatelů vyberte číslo CN a s ním dále počítejte s využitím dále uvedených vztahů.

Údaje s N-letými 24-hodinovými srážkovými úhrny jsou pro vybrané stanice uvedeny v excelovském souboru ve studijních materiálech.

Návod:

Metoda CN křivek se používá pro vypočítání odtoku při srážkovo-odtokové události na malých povodích. Srážková událost je rozdělena na ztráty (retence) a efektivní déšť, a to podle CN křivky, která vyjadřuje vlastnosti povodí z hlediska půdních poměrů, landuse a předchozích vláhových podmínek.

Metodu vyvinula Soil Conservation Service (USA) na základě analýzy dat na malých povodích v USA. Použité vztahy jsou tedy empirické.

U srážkovo-odtokové události se předpokládá, že poměr mezi skutečnou a maximální potenciální velikostí ztrát a maximální potenciální velikostí ztrát na povodí je roven poměru mezi objemem, resp. výškou, odtoku a objemem, resp. výškou, srážky snižené o tzv. počáteční ztrátu.

Platí vztah

$$\frac{F}{S} = \frac{R}{R - I_a},$$

kde F je skutečná velikost ztrát (retence) od doby počátku odtoku, S je maximální potenciální ztráta (retence) na povodí od doby počátku odtoku, R je kumulativní odtoková výška od počátku srážkové události po daný čas, P je kumulativní výška srážky od počátku události po daný čas a I_a je počáteční ztráta (retence) na povodí v době, kdy ještě nedochází ke tvorbě odtoku.

Všechny veličiny mají délkový rozměr (v jednotkách mm).

Skutečná ztráta (retence) je celková výška srážky bez počáteční retence a bez výšky odtoku. Tzn., že je vyjádřena vztahem

$$F = P - I_a - R,$$

jehož dosazením do úvodní rovnice a následnými úpravami získává rovnice podobu

$$R = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}.$$

Doporučuje se uvažovat počáteční retenci jako jednu pětinu maximální potenciální retence, tzn. $I_a = 0,2 \cdot S$, z čehož pak plyne výsledná podoba rovnice

$$R = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}.$$

Maximální potenciální retence je dána číslem *CN* křivky

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN}$$

v jednotkách mm.

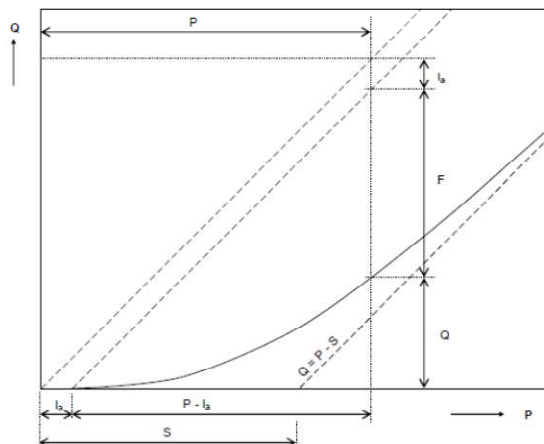
CN nabývá hodnot od 30 (velké ztráty na povodí) do 100 (beze ztrát). Číslo se určuje z tabulek podle:

- **hydrologické skupiny půd** – infiltrace a retence půdy (kategorie A až D),
- **landuse** – vegetační pokryv, způsob obdělávání pozemků,
- **předchozích vláhových podmínek** – dáno úhrnem srážek v předchozích dnech; angl. označení *antecedent moisture conditions* (AMC)
 => Normální vlhkostní poměry jsou vyjádřeny jako **AMCII**, **AMCI** vyjadřuje chudé vláhové podmínky – v předchozím období bylo málo srážek a v půdním profilu nastal vyšší stupeň vysušení, naopak **AMCIII** vyjadřuje vysoké nasycení podporující vyšší povrchový odtok. Čísla *CN* se vypočítávají z původní *CN* křivky pro AMCII z nomogramu, nebo se určují ze vztahů

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2,281 - 0,01281CN_{II}},$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0,427 + 0,00573CN_{II}}.$$

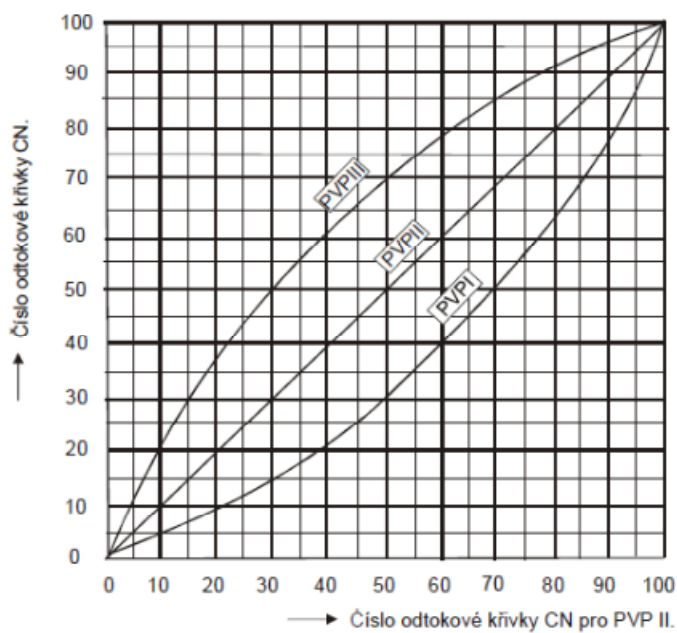
Pro povodí s různorodými podmínkami se určuje číslo *CN* pomocí váženého průměru.



Obr. 1: Závislost výšky odtoku na výšce srážek při použití teorie metody CN (Boonstra, 1994).

Tab. 1: Odvození skupiny předchozích vláhových poměrů.

Skupina PVP	Celkový úhrn předchozích srážek v [mm] za 5 dnů v období	
	mimovegetačním	vegetačním
I	< 13	< 36
II	13 – 18	36 – 53
III	> 28	> 53



Obr. 1: Nomogram pro odvození čísla CN dle předchozích vláhových poměrů.

Tab. 2: Rozdělení hydrologických skupin půd dle hodnot rychlosti infiltrace.

Charakteristika hydrologických vlastností	Skupina půd
Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($>0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnuje převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky.	A
Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06-0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.	B
Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02-0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v původním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.	C
Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($<0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.	D

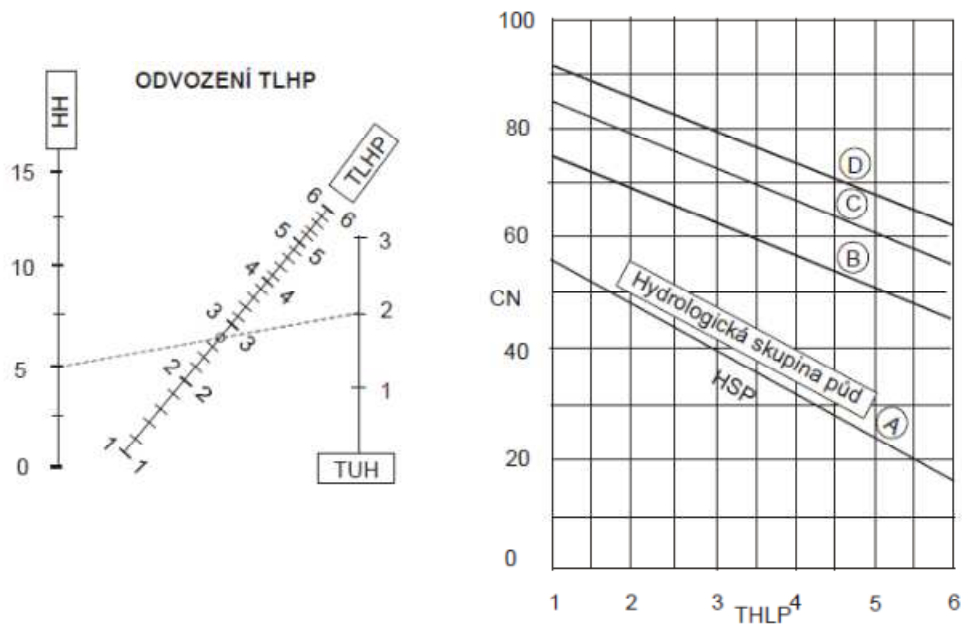
- ⇒ **Hydrologickou skupinu půd** určete podle BPEJ z katastrální mapy dostupné na Geoportálu ČÚZK. Vyberte převažující, jinak by bylo potřeba počítat s různými CN a počítat vážený průměr (váhami by byly plochy jednotlivých částí vymezené plochy).

Tab. 3: Určení hydrologické skupiny půd podle kategorie BPEJ.

Kategorie v mapě BPEJ	Půdní subtyp	Substrát	Hydrologická půdní skupina
01	ČMn, ČMk(ČM, ČMk)	spraš	B
02	ČMi(ČMd)	spraš	B
03	ČMč(ČMI)	spraš, spraš-slín	B (C)
04	ČMr(ČM)	lehké substráty	A
05	ČM	spraš/písek	B
06	ČMp, ČMpc	slín (vylehčení Ap)	C – D
07	ČMp, ČMpc, SMm, (ČM, ČMsm)	slín, slinitý jíl	D
08	ČM, HM smyté	sprašové mat., (slín)	B (C)
09	ŠMn(ČMi)	spraš	B
10	HMm, HMč, HMg'(HM)	spraš	B
11	HMm, HMg(HM)	spraš hlina	B
12	HMm, HMg(HM)	polygenetická hlina	B
13	HM, IP	hlina – lehký mat.	B
14	IP, HMi, (g)	sprašová h. polygenetická hlina	B
15	IP, HMi, HP-HPi(g)	polygenetická hlina	B(C)
16	IP	zahliněné(šterko)pisky	B(A)
17	IP, (IP)	pisky(hlinité proplástky)	A(B)
18	RA, RAh	svahoviny vápenců, terrae	B-C
19	PR, PRh(RA, R th)	opuky, slinovce	B-C
20	PS, PSk(HP, RA)	slíny	D
21	HP, RGmPR(DA)	pisky	A
22	HP, PR(HP, RA)	zahliněné(šterko)pisky	A – B
23	Hpg	písek/jíl	A – B
24	HP, HPa, HPp(g)	svahoviny flyš S-tS	B – C
25	HP, HPa(g)	svahoviny, opuky S-(tS)	B(C)
26	HP, HPa(g)	svahoviny břidlic S - (TS)	B(C)
27	HP, HPa	svahoviny břidlic, drob., flyš IS	B
28	HP(g)	svahoviny bazik S	B
29	HP, HPa(g)	svahoviny eruptiv, metamorfik IS-S	B
30	HP, HPa(g)	svahoviny, permokarbon IS-S	B
31	HP, HPa	svahoviny pískovců IS-L	A(B)
32	HP, HPa	svahoviny eruptiv, metamorfik IS-L	A(B)
33	HP, HPa(g)	svahoviny, permokarbon S-tS	B – C
34	Hpao, RZ	svahoviny eruptiv, metamotfy	B
35	Hpao, RZ	svahoviny, sediment, hor.	B(A)
36	RZ, HPao	svahoviny	B
37	mělké lehké	rozpad hornin, svahoviny	B(A)
38	mělké střední – těžké	rozpad hornin, svahoviny	C – D
39	rankry	rozpad hornin	
40	svažitě 12°	lehké až IS	B
41	svažitě 12°	střední - těžké	C – D
42	HMg	sprašová hlina	C
43	Hmig, IPg	sprašová hlina	C
44	PG(OG)	sprašová hlina	C
45	HMg	polygenetická hlina	C
46	Hmig, IPg	polygenetická hlina	C
47	PG(OG)	polygenetická hlina	C
48	Hpg, PG(OG)	svahoviny břidlic S	C
49	HPg, PG(OG)	svahoviny těžké tS - T	D
50	Hpg, PG(OG)	svahoviny eruptiv a metamorfik S-IS	C
51	HPg, PG(OG)	zahliněné šterkopisky	C
52	PH, Hpg (OG)	limnický terciér IS	C(D)

Tab. 3: Určení hydrologické skupiny půd podle kategorie BPEJ (pokračování).

53	PG, Hpg (OG)	tercierní substr. S/T	C(D)
54	PG, Hppg (OG)	jíly	D
55	NP	lehké nivní sedimenty	A
56	NP	střední nivní sedimenty	B
57	NPp	těžké nivní sedimenty	C-D
58	NPG	střední nivní sedimenty	B-C
59	NPG	těžké nivní sedimenty	D
60	ČA(LP)	nivní, sprašové sedimenty S	B
61	ČA(LP)	slíny, nivní sedimenty	C(D)
62	ČAG (LPG)	nivní sedimenty a jiné S	C
63	ČAG(LPG)	slíny, nivní sedimenty	D
64-76		hydromorfni půdy s výjimkou zkulturněných půd	C



Obr. 2: Nomogram pro odvození čísla CN na lesních půdách

HH - hloubka humusu

TUH - třída ulehlosti humusu

THLP - třída hydrologických lesních podmínek

Tab. 4: Průměrná čísla odtokových křivek CN pro zemědělské pozemky pro PVP II (podle TR – 55, 1986 – in. Janeček (1992)).

Využití půdy	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Čísla odtokových křivek - CN pro hydrologické skupiny půd			
			A	B	C	D
Úhor	čerstvě zkyplí.	-	77	86	91	94
	Pz	Šp	76	85	90	93
	Pz	Db	74	83	88	90
Širokořádkové plodiny (okopaniny)	Př	Šp	72	81	88	91
	Př	Db	67	78	85	89
	Př + Pz	Šp	71	80	87	90
	Př + Pz	Db	64	75	82	85
	Vř	Šp	70	79	84	88
	Vř	Db	65	75	82	86
	Vř + Pz	Šp	69	78	83	87
	Vř + Pz	Db	64	74	81	85
	Vř + Pr	Šp	66	74	80	82
	Vř + Pr	Db	62	71	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	65	73	79	81
	Vř + Pr + Pz	Db	61	70	77	80
Úzkořádkové plodiny (obilniny)	Př + Pz	Db	60	72	80	84
	Vř	Šp	63	74	82	85
	Vř	Db	61	73	81	84
	Vř + Pz	Šp	62	73	81	84
	Vř + Pz	Db	60	72	80	83
	Vř + Pr	Šp	61	72	79	82
	Vř + Pr	Db	59	70	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	60	71	78	81
Vř + Pr + Pz	Db	58	69	77	81	
Víceleté pícniny, luštěniny	Př	Šp	66	77	85	89
	Př	Db	58	72	81	85
	Vř	Šp	64	75	83	85
	Vř	Db	55	69	78	83
	Vř + Pz	Šp	63	73	80	83
	Vř + Pz	Db	51	67	76	80
Pastviny s pokryvem	< 50 %	-	68	79	86	89
	50 - 70 %	-	49	69	79	84
	> 75 %	-	39	61	74	80
Louky	sklizené	-	30	58	71	78
Křoviny s pokryvem	< 50 %	-	48	67	77	83
	50 - 70 %	-	35	56	70	77
	> 75 %	-	30	48	65	73
Sady se zatravněným mezířadím		Šp	57	73	82	86
		Str	43	65	76	82
		Db	32	58	72	79
Lesy		Šp	45	66	77	83
		Str	36	60	73	79
		Db	30	55	70	77
Zemědělské dvory		-	59	74	82	86
Komunikace s příkopy	dlážděné, živičné		83	89	92	93
	makadamové, šterkové		76	85	89	91
	nezpevněné, hliněné		72	82	87	89
Nepropustné plochy			98	98	98	98

Poznámka:

Pz	posklizňové zbytky nejméně na 5 % povrchu po celý rok.
Př	přímé řádky vedené bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnicí.
Vř	vrstevnicové řádky vedené přesně ve směru vrstevnic – konturově, při sklonu pozemku menším než 2 % je obdělávání napříč svahu v přímých řádcích rovnocenně vrstevnicovým.
Pr	pásově pěstované plodiny a příčně situované průlehy na pozemku.
Db	dobré hydrologické podmínky zvyšující infiltraci a snižující odtok, kdy je více než 20 % povrchu pokryto zbytky rostlin, tj. více než 850 kg.ha-1 u širokořádkových plodin nebo 350 kg.ha-1 u úzkořádkových plodin.
Stř	střední hydrologické podmínky.
Šp	špatné hydrologické podmínky omezující infiltraci vody do půdy a zvyšující odtok, s menším množstvím posklizňových zbytků než při Db.

Výstupy:

- ⇒ **Mapa** vymezeného území s podkladem Základní mapy. Nejsou nutné všechny kartografické náležitosti. Jde čistě o vymezení.
- ⇒ **Stručně popsat**, o jakou lokalitu se jedná a jaké jsou FG podmínky ve vztahu k potřebám CN – tedy jaká je geologie, resp. půdy, jaký je reliéf z hlediska tvorby soustředěného odtoku (možno vypočítat v ArcGISu), jaký je landuse...
- ⇒ **Výpočty** odevzdejte ve formě **tabulky v excelu** se vzorci tak, abyste si co nejvíce ulehčili práci s počítáním. Počítejte výšku odtoku a odtokového koeficientu pro všechny N-leté 24-hodinové srážkové úhrny pro všechny tři možnosti vlhkostních poměrů povodí před srážkovou událostí.
- ⇒ Získané výsledky se pokuste rozumně **interpretovat**.