PRIMJENA KONCEPTA SUSTAVA NA CIKLUS OTJECANJA

***SUSTAV** je skup elemenata koji su međusobno ovisni i funkcioniraju u regularnom i ovisnom ponašanju.*

Svaki sustav karakteriziraju **četiri osnovna pojma**:

granica, koja ima funkciju utvrditi da li se određeni element može smatrati sastavnim dijelom sustava ili njegove okoline,

stanje ulaza i izlaza i njihova interakcija u odnosu na okolinu,

stanje odnosa između elemenata sustava, ulaza i izlaza i vanjskih međuodnosa između ulaza i izlaza,

stanje sustava koje se, s određenom točnošću, može okarakterizirati kao skup vrijednosti veličina koje određuju njegovo ponašanje.

PRIMJENA KONCEPTA SUSTAVA NA CIKLUS OTJECANJA

Ako između određenih elemenata sustava postoji realno čvršća veza nego između drugih elemenata sustava, može se reći da unutar tog sustava postoji, relativno neovisna cjelina, koja se naziva **podsustav**.

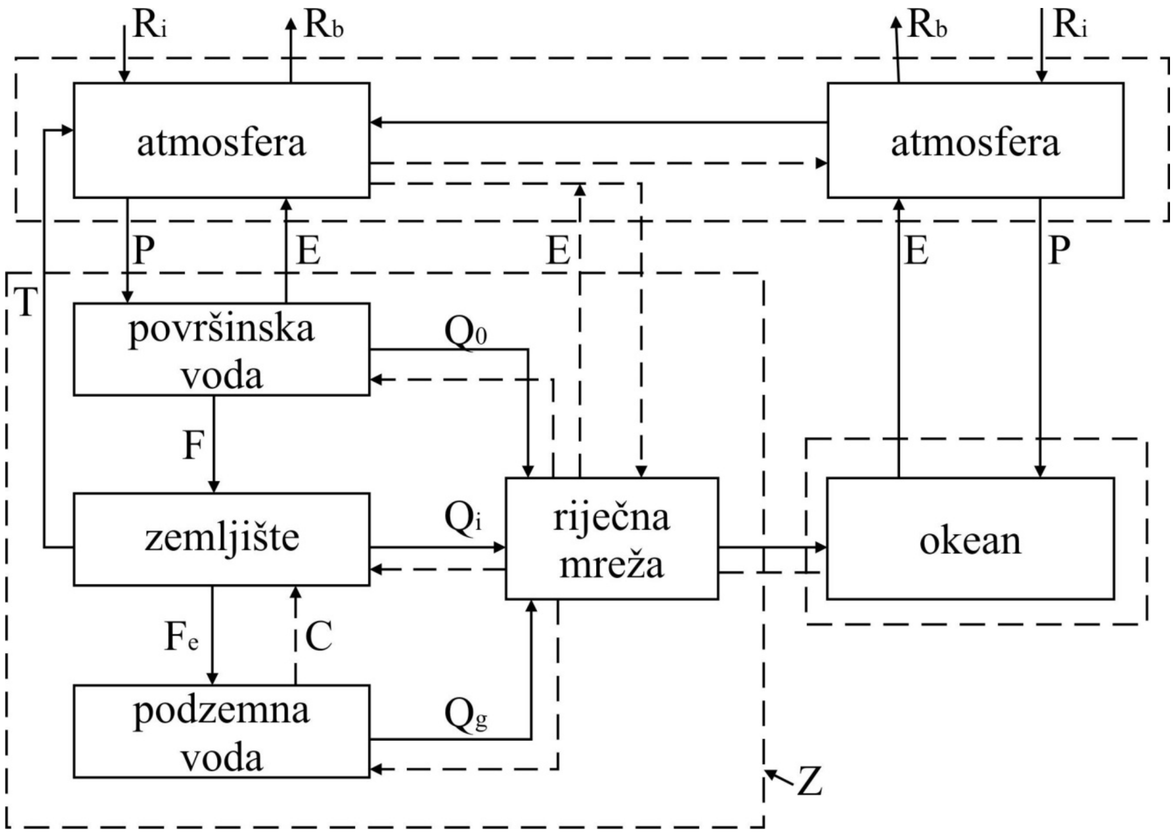
Kada se analizira jedan sustav, posmatraju se njegovi ulazi, rad sustava i njegovi izlazi.

Kod sustava se čine određene pretpostavke o prirodi sustava i fizičkim zakonima koji upravljaju njegovim radom. Ova saznanja se, potom, koriste da bi se na temelju poznatih ulaza, predvidio izlaz sustava

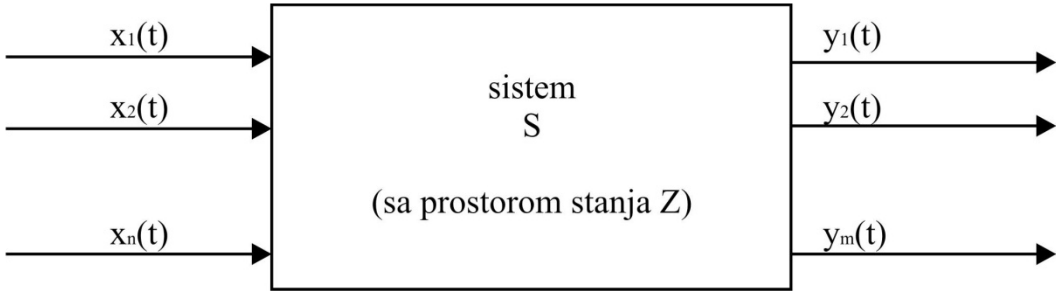
U hidrologiji ovakav klasičan pristup se ne može primijeniti, jer su fizički zakoni od kojih ovisi rad sustava veoma kompleksni.

Radi lakšeg izučavanja, hidrološki sustav se u praksi, kao i drugi veliki sustavi, dijeli na podsustave

PRIMJENA KONCEPTA SUSTAVA NA CIKLUS OTJECANJA



PRIMJENA KONCEPTA SUSTAVA NA CIKLUS OTJECANJA



Prostor ulaza (*X)* predstavlja niz mogućih ulaza sustava. Prostor stanja (*Z)* je niz svih mogućih stanja sustava *(S)*, prostor izlaza *(Y)*, niz svih mogućih izlaza.

Sustavi mogu biti: (i) *linearni, stacionarni*, (ii) *linearni, nestacionarni* i (iii) *nelinearni, nestacionarni*.

Sustavi se mogu podijeliti, prema određenosti, na: ***deterministčke*** sustave (u kojima nema neodređenosti) i ***stohastičke*** *sustave* (kada neodređenosti, po bilo kojoj osnovi, postoje, te se izlazi i druge veličine u sustavu tretiraju kao probabilističke kategorije).

PRIMJENA KONCEPTA SUSTAVA NA CIKLUS OTJECANJA

Sustavi se analiziraju preko svojih **modela**, odnosno **postupak kojim se hidrološki procesi predstavljaju matematički, naziva se modeliranje.**

I) Prema tipu metode:

Probabilističke (statističke) metode - temeljene su na korištenju povijesnih podataka o pojavi velikih voda s ciljem dobivanja linije vjerojatnoće pojave velikih voda primjenom statističke analize, odnosno da se definiraju vjerojatnoće prevazilaženja određenih veličina. Kapacitet organa za evakuaciju velikih voda preko brana u svrhu njihove zaštite je jedna od veličina čije prevazilaženje je od praktičnog interesa.

Determinističke (parametarske) metode - zasnivaju se na utvrđivanju odnosa između uzročnih (ulaznih) i posljedičnih (izlaznih) procesa na temelju relativno kratkih nizova podataka. Osnovna filozofija ove metode je u činjenici da se komplicirani procesi u slivu implicitno odražavaju na karakter izlaza, pa je do ovisnosti oborine-otjecanje lakše doći pomoću analize nego preko sinteze poznatih fizikalnih procesa

Metode regionalnih analiza - temelje se na usporedbi parametara za formiranje velikih voda na određenom slivu s parametrima sa susjednih slivova s ciljem dobivanja zaključaka o veličinama i drugim relevantnim značajkama maksimalnih protoka

PRIMJENA KONCEPTA SUSTAVA NA CIKLUS OTJECANJA

II) Prema opsegu i vrsti raspoloživih podataka i mjerenja:

Metode proračuna velikih voda na hidrološki izučenim profilima - pod izučenim profilima podrazumijevaju se profili rijeke s dugim serijama osmatranja obično najmanje 30 godina.

Metode za proračun velikih voda na hidrološki nedovoljno izučenim profilima - pod nedovoljno izučenim profilima podrazumijevaju se profili rijeke s kraćim serijama osmatranja obično manje od 15 godina.

- objedinjavanjem pojedinih parametara velikih voda s više hidroloških postaja;
- uključivanjem više maksimuma koji su se pojavili u razdoblju osmatranja-analizom serija prekoračenja maksimalnih protoka, a koja se analiza i inače treba nastojati provoditi i na hidrološkim postajama na kojima su raspoloživi dugotrajniji nizovi opažanja;
- koristeći hidrometeorološke podatke u razdoblju osmatranja na danom profilu i slivu, primjenjujući teoriju jediničnog hidrograma.

Metode za proračun velikih voda na hidrološki neizučenim profilima - to su profili rijeka bez podataka o osmatranju.

1. Metode temeljene na teorijskim predstavama o procesima formiranja otjecanja na padini sliva i u koritu vodotoka, tj. metode temeljene na genetičkoj formuli otjecanja (teoriji izokrona).
2. Metode temeljene na korištenju iskustvenih ovisnih glavnih elemenata otjecanja i čimbenika koji ga uvjetuju.

PRIMJENA KONCEPTA SUSTAVA NA CIKLUS OTJECANJA

Neka je ulaz X dat preko (n) ulaznih komponenti ($n \geq 1$), $x_1, x_{2,\ldots,} x_n$, tako da se on može opisati preko ulaznog vektora

$$X = (x_1, x_2, \ldots, x_n).$$

Izlaz Y je dat preko (m) izlaznih komponenti ($m \geq 1$), i on se može slično opisati pomoću izlaznog vektora

$$Y = (y_1, y_2, \ldots, y_m).$$

Proces preslikavanja ulaza u izlaz može se predstaviti preko operatora preslikavanja (R) kao

$$Y = R(X)$$

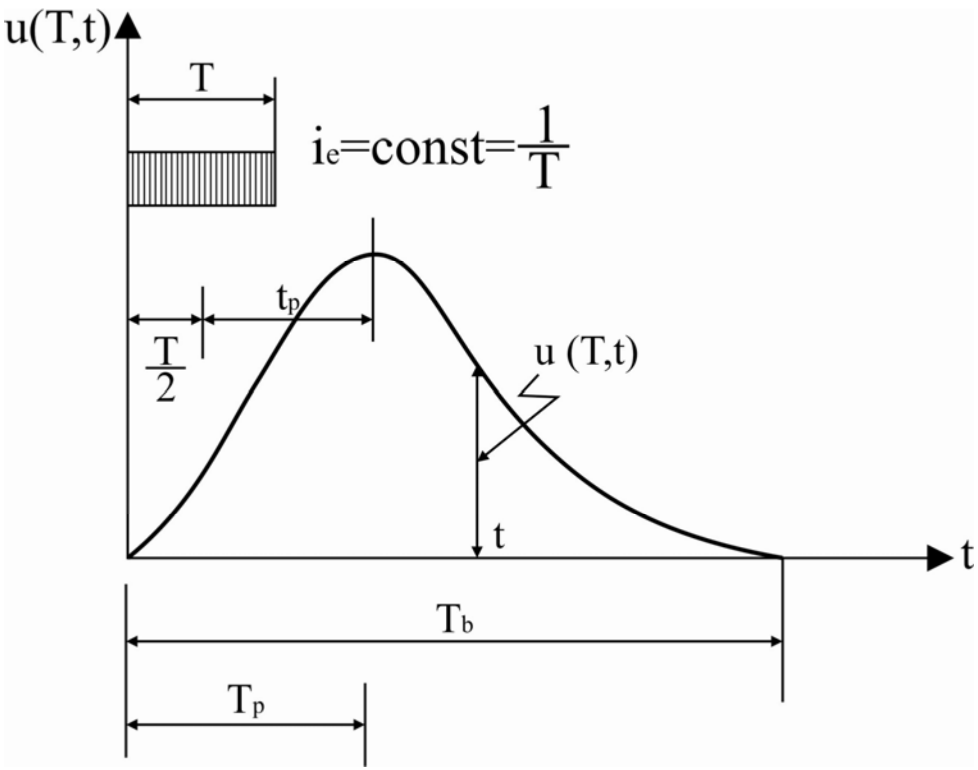
a funkcionalni opis sustava (C) se može formalizirati relacijom

$$C = < x, y, R >$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

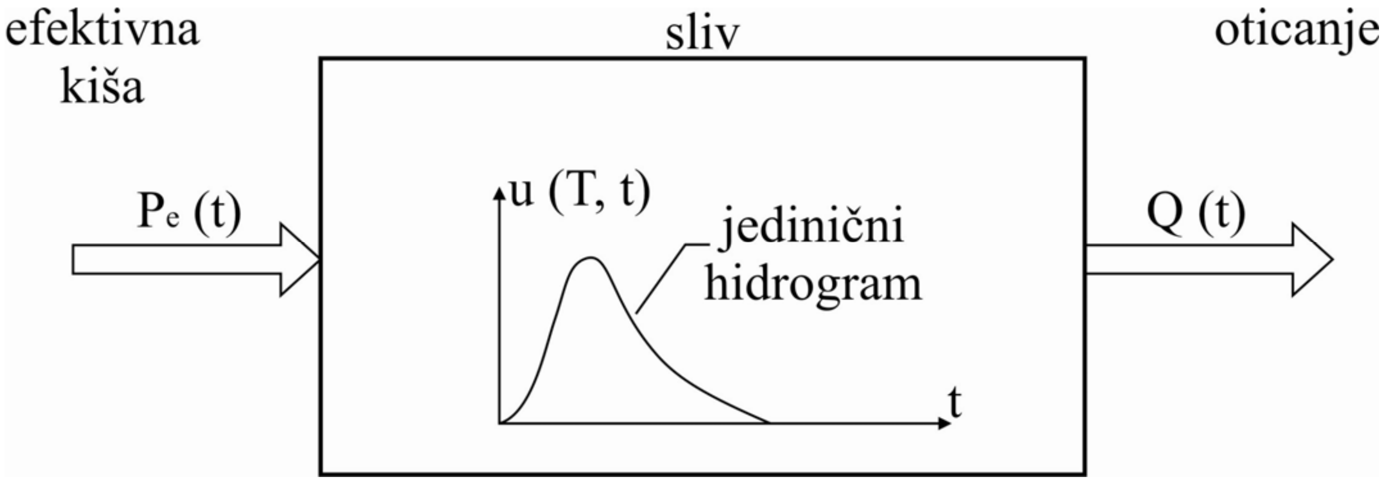
Sherman je definirao **jedinični hidrogram** kao hidrogram površinskog otjecanja od efektivne kiše visine 1 (jednog) inča čije trajanje je T sati, i koja je ravnomjerno raspoređena u vremenu i prostoru.

T – satni jedinični hidrogram je hidrogram direktnog (površinskog) otjecanja od efektivne kiše visine 1 cm (ili 1 mm), koja je uniformno (ravnomjerno) raspoređena po površini sliva i ujednačenog je intenziteta tijekom vremena njenog trajanja T.



JEDINIČNI HIDROGRAM

Ulaz u sustav (sliv) su padavine, registrirane na određenim lokacijama u slivu, jedinični hidrogram je odgovarajuća funkcija preslikavanja, dok se kao izlaz dobiva hidrogram velike vode na određenom profilu hidrografske mreže.



JEDINIČNI HIDROGRAM

Teorija jediničnog hidrograma temelji se na sljedećim principima i pretpostavkama:

1. Efektivna kiša je **ravnomjerno raspoređena u vremenu** tijekom svog trajanja,

2. Efektivna kiša je **ravnomjerno raspoređena prostorno** po cijeloj površini sliva,

3. Na danom slivu, kiše istog trajanja proizvode hidrograme otjecanja koji imaju približno istu vremensku bazu, neovisno o intenzitetu kiše koja ih je izazvala. To je tzv. **princip nepromjenljivosti u vremenu ili princip stacionarnosti,**

4. Za dani sliv, veličina ordinata hidrograma otjecanja je proporcionalna zapreminama direktnog otjecanja, odnosno visinama efektivne (neto) kiše, ako su kiše istog trajanja. Ovaj princip poznat je pod različitim imenima kao: ***princip linearnosti*, *princip superpozicije* ili *princip proporcionalnosti***, pošto su ordinate hidrograma direktnog otjecanja također međusobno proporcionalne i zbog toga se mogu zbrajati u proporciji s veličinom ukupne zapremine direktnog otjecanja.

5. Na danom slivu, raspodjela otjecanja u vremenu (odnosno oblik hidrograma otjecanja) od kiša određenog trajanja, je neovisna od prethodnih ili budućih kiša.

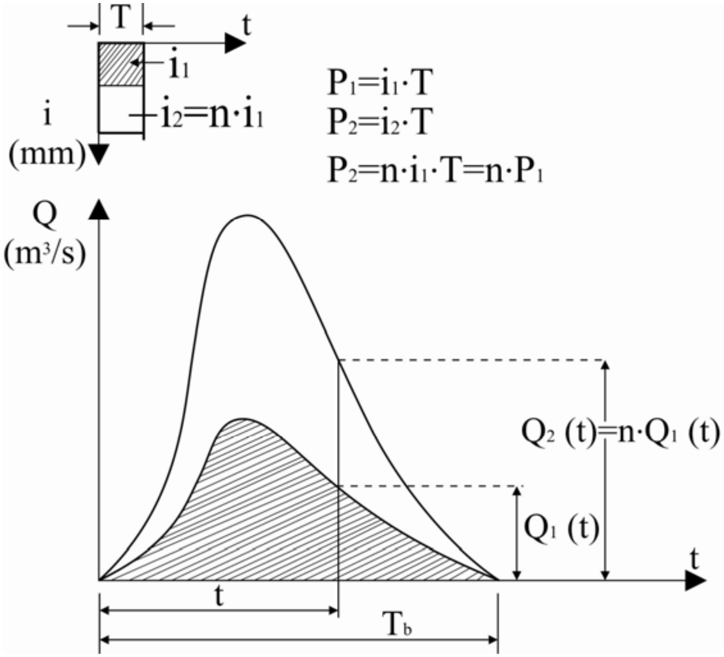
JEDINIČNI HIDROGRAM

Teorija jediničnog hidrograma se, dakle, temelji na pretpostavci da se sliv ponaša kao linearan i stacionaran sustav, odnosno da važe principi proporcionalnosti i superpozicije.

Sherman je isključio uporabu teorije jediničnog hidrograma za hidrograme otjecanja čije je porijeklo od **topljenja snijega**, i uvjete kada je **vrijeme trajanja efektivne kiše duže od vremena koncentracije sliva** (ili vremena podizanja hidrograma otjecanja).

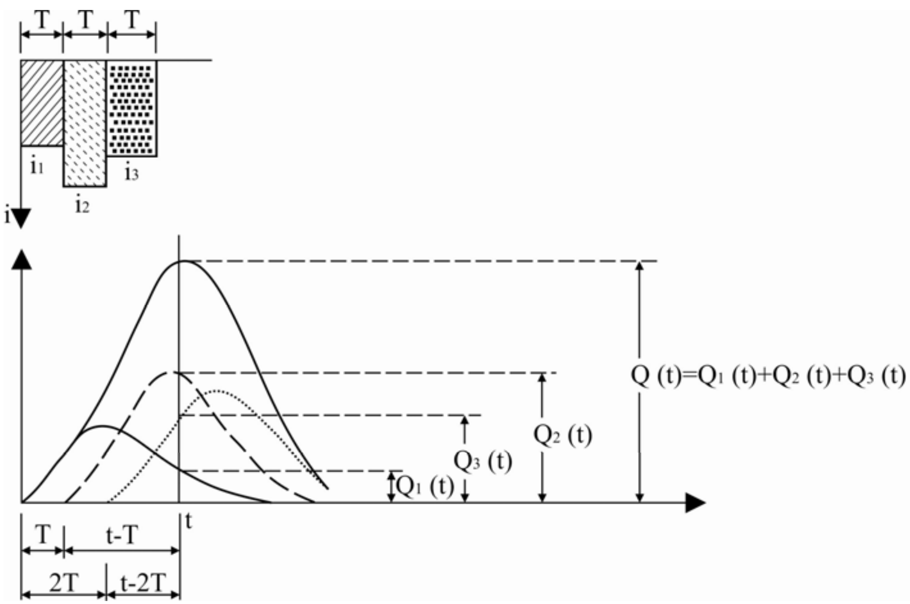
$$T > T_C$$

JEDINIČNI HIDROGRAM



Princip proporcionalnosti

$$Q_2(t) : Q_1(t) = P_2 : P_1$$



Princip superpozicije

$$Q(t) = Q_1(t) + Q_2(t) + Q_3(t)$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

$$Q(t) = P \cdot u(T,t)$$

$$Q_1(t) = u(T,t) \cdot P_1 = u(T,t) \cdot i_1 \cdot T$$

$$Q_2(t) = u(T,t-T) \cdot P_2 = u(T,t-T) \cdot i_2 \cdot T$$

$$Q_3(t) = u(T,t-2T) \cdot P_3 = u(T,t-2T) \cdot i_3 \cdot T$$

Primjenom principa superpozicije, proticaj složenog hidrograma u vremenskom trenutku (t) biće:

$$Q(t) = u(T,t) \cdot P_1 + u(T,t-T) \cdot P_2 + u(T,t-2T) \cdot P_3 =$$

$$= \sum_{j=1}^{3} u\left[T, t-(j-1)T\right] \cdot P_j$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

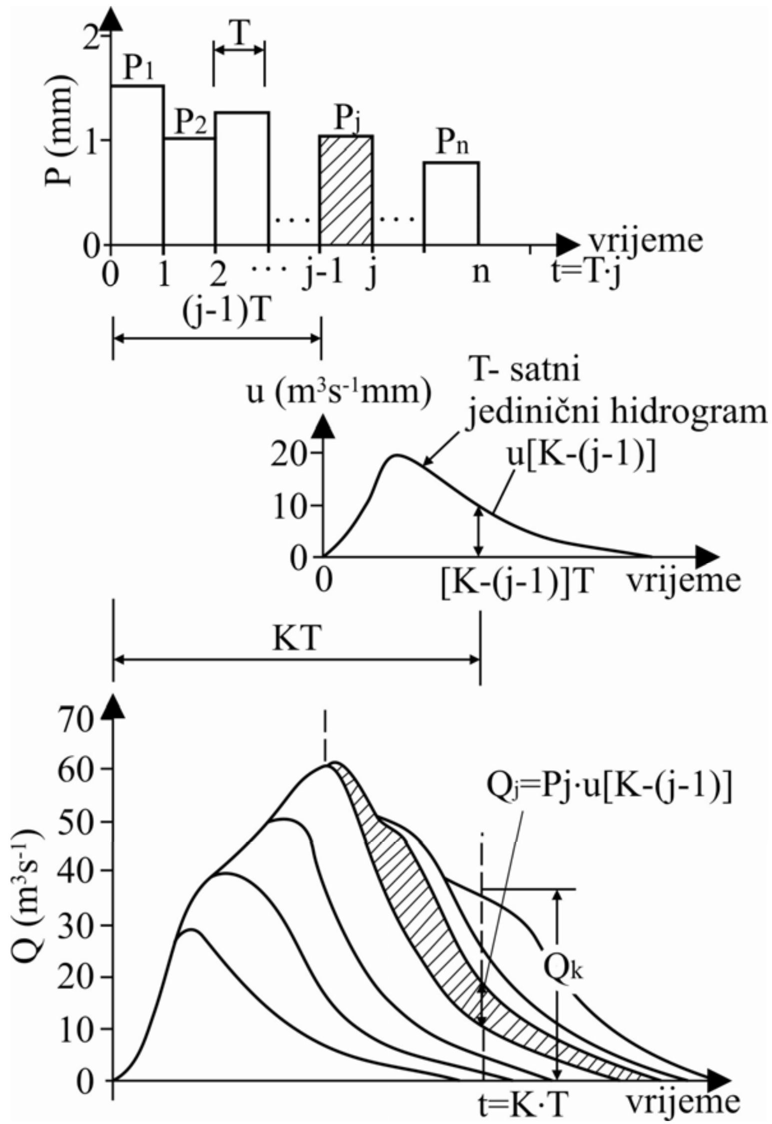
U općem slučaju, kada je hijetogram efektivne kiše (podijeljen) diskretiziran u (n) blokova pojedinačnih kiša širine T, može se napisati:

$$Q(t) = \sum_{j=1}^{n} u\left[T, t-(j-1)T\right] \cdot P_j$$

$$Q(k) = \sum_{j=1}^{n} u\left[k-(j-1)\right] \cdot P_j$$

$$Q_k = \sum_{j=1}^{n} u_{k-j+1} \cdot P_j$$

k = 1, 2, 3, ...,(n+m-1)



JEDINIČNI HIDROGRAM

k – redni broj ordinate složenog hidrograma direktnog otjecanja,
n – broj blokova na koji je podijeljen hijetogram efektivne kiše,
m – broj ordinata (većih od nule) *T* – satnog jediničnog hidrograma.

Broj ordinata složenog hidrograma direktnog otjecanja koje su veće od nule je

$$l = n + m - 1$$

Vremenska baza složenog hidrograma je

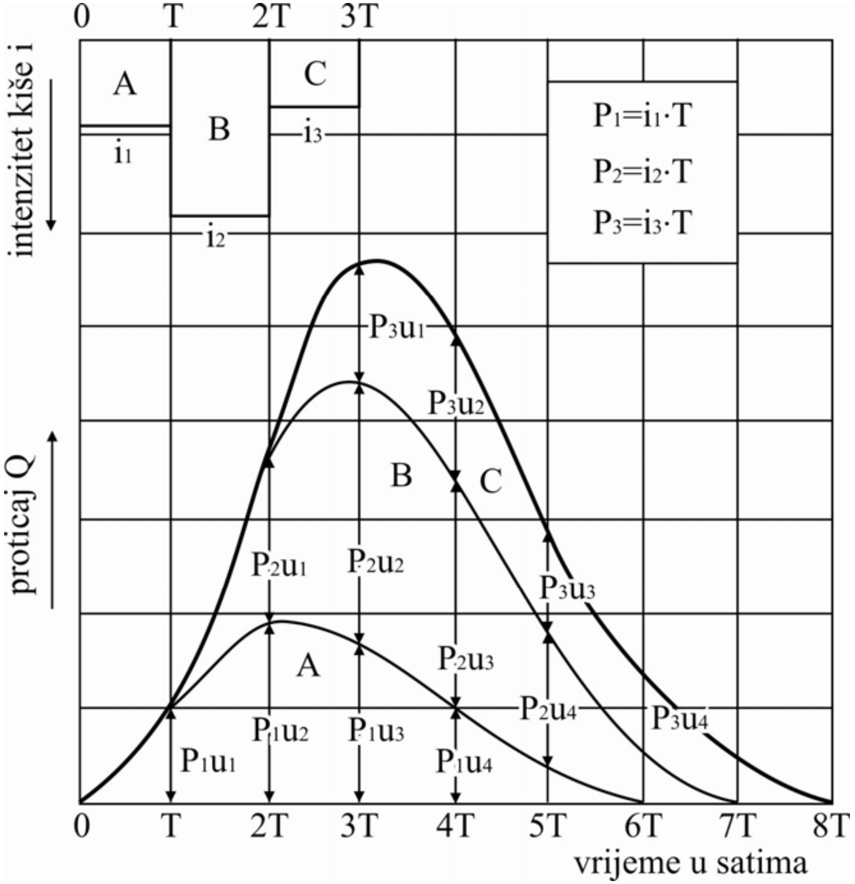
$$T_b = T \cdot (n + m)$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Primjer:
m = 5
n = 3

l = n + m – 1 = 3 + 5 – 1 = 7.

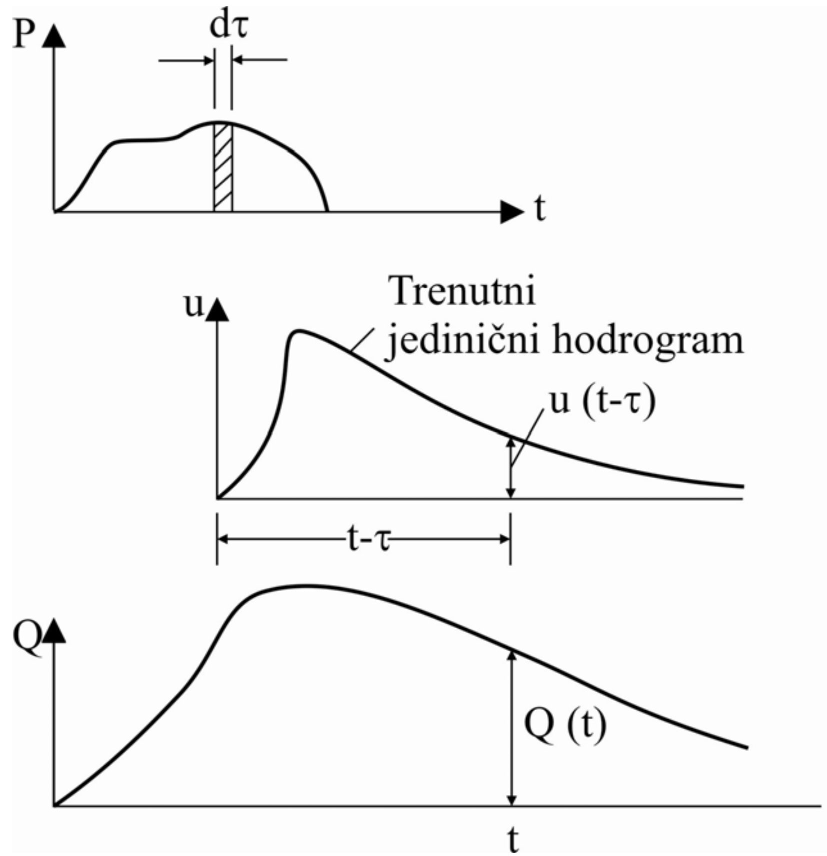
$$Q_1 = P_1 \cdot u_1$$
$$Q_2 = P_2 \cdot u_1 + P_1 \cdot u_2$$
$$Q_3 = P_3 \cdot u_1 + P_2 \cdot u_2 + P_1 \cdot u_3$$
$$Q_4 = P_3 \cdot u_2 + P_2 \cdot u_3 + P_1 \cdot u_4$$
$$Q_5 = P_3 \cdot u_3 + P_2 \cdot u_4 + P_1 \cdot u_5$$
$$Q_6 = P_3 \cdot u_4 + P_2 \cdot u_5$$
$$Q_7 = P_3 \cdot u_5$$
$$Q_8 = 0$$



JEDINIČNI HIDROGRAM

Za kontinuiran linearni i stacionarni sustav primjenjuje se integral konvolucije

$$Q(t) = \int_{0}^{t} u(t-\tau) \cdot P(\tau) \cdot d\tau$$



JEDINIČNI HIDROGRAM

Određivanje jediničnog hidrograma na temelju podataka osmatranja kiše i otjecanja vode

Jedinični hidrogram se u principu može odrediti na temelju opaženog hidrograma koji je posljedica **izolirane kiše,** ili tzv. **kompleksne kiše**.
U drugom slučaju, hidrogram otjecanja na izlaznom profilu se promatra kao složeni hidrogram, pri čemu blokovi hijetograma u intervalima širine T proizvode elementarne hidrograme čijom superpozicijom se dobiva konačni izlaz iz sustava

Određivanje jediničnog hidrograma od izolirane kiše

$$Q(t) = P \cdot u(T,t)$$

$$u(T,t) = Q(t) / P$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Određivanje jediničnog hidrograma od izolirane kiše

Procedura je slijedeća:

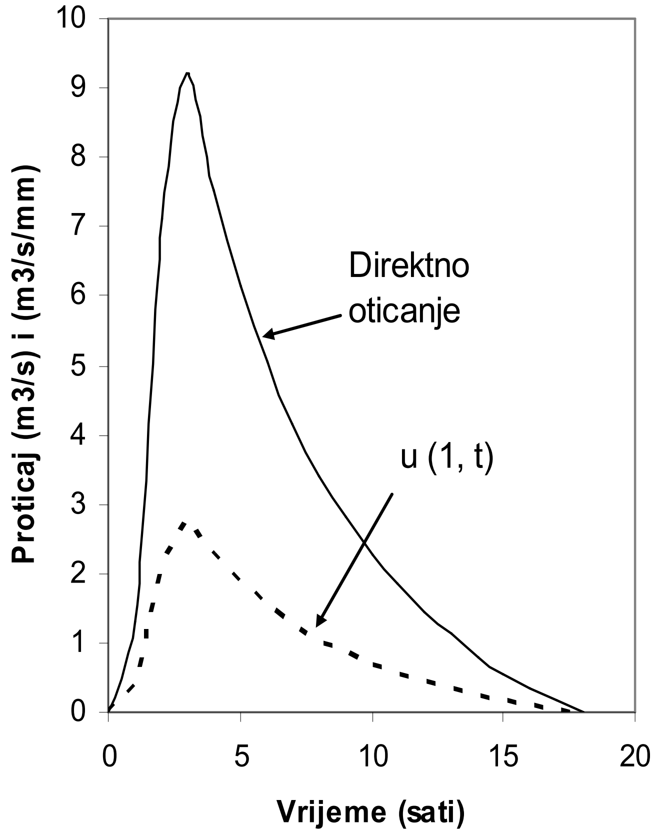
1. Na temelju registriranog hidrograma otjecanja, konstruira se hidrogram direktnog otjecanja,

2. Na temelju određenog hidrograma direktnog otjecanja, određuje se zapremina direktnog otjecanja *W*, i izračunava visina efektivne kiše *P*, koja je izazvala to otjecanje $P = W / F_{sl}$

3. Korištenjem jednadžbe $u(T,t) = Q(t) / P$ izračunavaju se ordinate *T* – satnog jediničnog hidrograma, gdje vrijeme *T* predstavlja trajanje efektivne kiše koja je izazvala hidrogram direktnog otjecanja

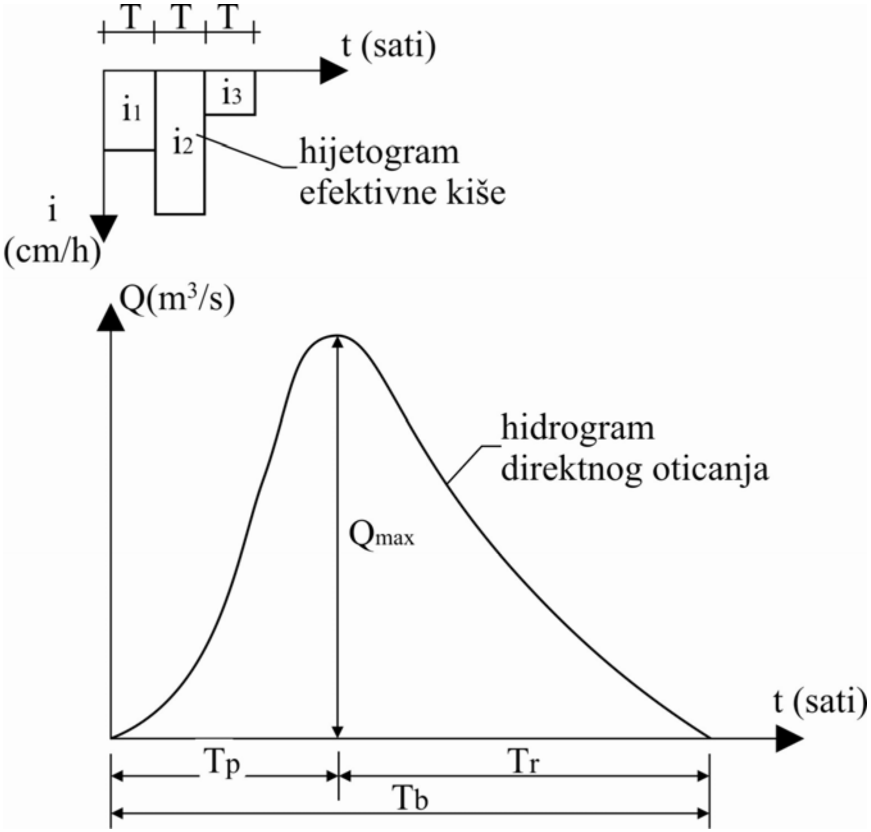
JEDINIČNI HIDROGRAM

Određivanje jediničnog hidrograma od izolirane kiše



JEDINIČNI HIDROGRAM

Određivanje jediničnog hidrograma od kompleksne kiše

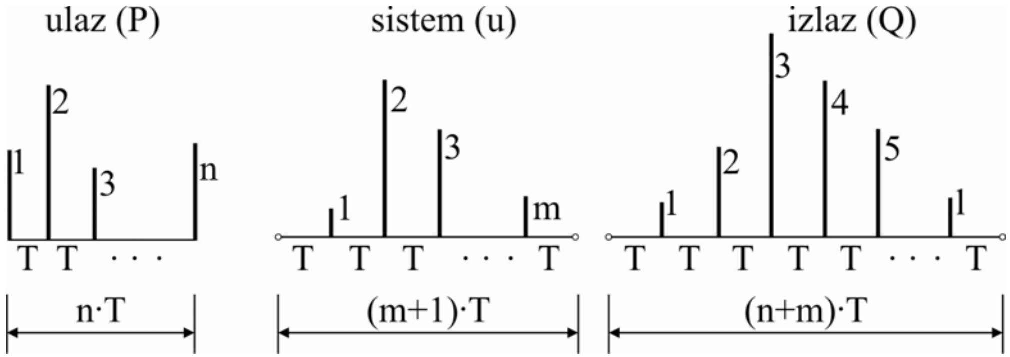


$$Q_k = \sum_{j=1}^{n} u_{k-j+1} \cdot P_j$$

k = 1, 2, 3, ..., (n+m-1)

JEDINIČNI HIDROGRAM

Određivanje jediničnog hidrograma od kompleksne kiše



$$\begin{bmatrix} P_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ P_2 & P_1 & 0 & \dots & 0 \\ P_3 & P_2 & P_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & P_j & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_n & P_{n-1} & P_{n-2} & \dots & 0 \\ 0 & P_n & P_{n-1} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & P_n & \dots & P_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & P_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ u_i \\ \vdots \\ u_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ Q_k \\ \vdots \\ Q_l \end{bmatrix}$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Određivanje jediničnog hidrograma od kompleksne kiše

Ako se sustav jednadžbi napiše u sljedećoj matričnoj formi:

$$[P]\cdot[U]=[Q]$$

Nepoznata je matrica $[U]$.
Kako u sustavu jednadžbi, praktično postoji više jednadžba nego nepoznatih (ordinata jediničnog hidrograma), taj sustav nije suglasan. Kako dakle sustav nije suglasan, uzima se ono što je sigurno opravdano da između pravih vrijednosti $\widehat{Q}$ (protoka sračunatih preko jediničnog hidrograma) i onih osmotrenih protoka Q, postoje razlike:

$$[\widehat{Q}]-[Q]=[\varepsilon], \text{ odnosno } [\widehat{Q}]=[Q]+[\varepsilon]$$

Dakle, sustav prelazi u:

$$[P]\,[U]=[Q]+[\varepsilon], \quad \text{odnosno} \quad [P]\,[U]-[Q]=[\varepsilon]$$

Može se pokazati da će ispunjenje uvjeta $\sum\varepsilon^2 = MINIMUM$ biti zadovoljeno ako je:

$$[\varepsilon]^T\,[\varepsilon]=MINIMUM$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Određivanje jediničnog hidrograma od kompleksne kiše

Konačno rješenje problema dato je jednadžbom:

$$[P]^T[P][U] = [P]^T[Q], \text{ odnosno } [R][U] = [P]^T[Q].$$

gdje je matrica $[R] = [P]^T[P]$ kvadratna matrica.

Množenjem jednadžbe s $[R]^{-1}$ dobije se:

$$[U] = [R]^{-1}[P]^T[Q].$$

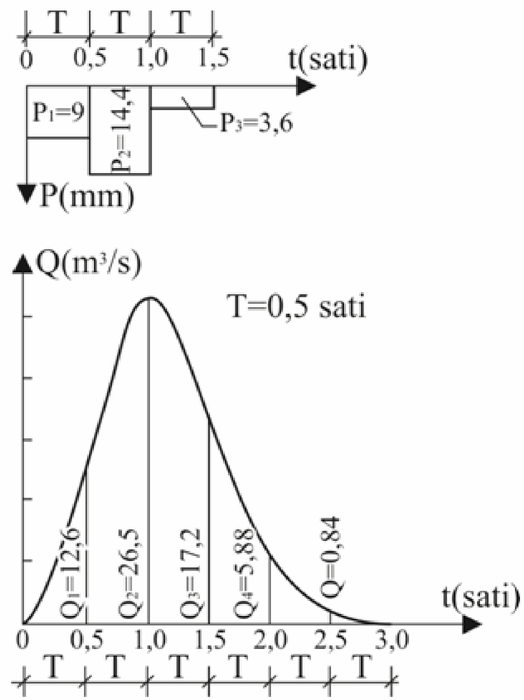
Vrijednosti nepoznate matrice $[U]$ određene na ovaj način zadovoljavaju uvjet da je suma kvadrata odstupanja između vrijednosti protoka $\widehat{Q}$ određenih preko jediničnog hidrograma i osmotrenih vrijednosti protoka Q, najmanja tj:

$$\sum_{k=1}^{l}(Q - \widehat{Q})^2 = min$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

PRIMJER

Na temelju hidrograma direktnog otjecanja s slivne površine veličine $F_{sl} = 4{,}2\,km^2$ *i odgovarajućeg hijetograma efektivne kiše koja ga je izazvala, potrebno je odrediti polusatni jednični hidrogram u* $u(0{,}5;t)$. *Osmotreni hidrogram direktnog otjecanja i odgovarajući hijetogram efektivne kiše prikazani su grafički na slici.*



Registrovani hidrogram direktnog otjecanja
i hijetogram efektivne kiše koja ga je izazvala

$$l = 5$$
$$n = 3$$

$$m = l - n + 1 = 5 - 3 + 1 = 3$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

$$[P]\cdot[U]=[Q]$$

$$\begin{bmatrix} P_1 & 0 & 0 \\ P_2 & P_1 & 0 \\ P_3 & P_2 & P_1 \\ 0 & P_3 & P_2 \\ 0 & 0 & P_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \end{bmatrix}$$

$$[P]=\begin{bmatrix} 9 & 0 & 0 \\ 14{,}4 & 9 & 0 \\ 3{,}6 & 14{,}4 & 9 \\ 0 & 3{,}6 & 14{,}4 \\ 0 & 0 & 3{,}6 \end{bmatrix} \qquad [Q]=\begin{bmatrix} 12{,}6 \\ 26{,}5 \\ 17{,}2 \\ 5{,}88 \\ 0{,}84 \end{bmatrix}$$

$$[U]=\left\{[P]^T[P]\right\}^{-1}[P]^T[Q]=[R]^{-1}[P]^T[Q]$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

$$[P]^T[P] = [R] = \begin{bmatrix} 301{,}32 & 181{,}44 & 32{,}4 \\ 181{,}44 & 301{,}32 & 181{,}44 \\ 32{,}4 & 181{,}44 & 301{,}32 \end{bmatrix}$$

$$[R]^{-1} = \begin{bmatrix} 0{,}0062 & -0{,}0052 & 0{,}0025 \\ -0{,}0052 & 0{,}0096 & -0{,}0052 \\ 0{,}0025 & -0{,}0052 & 0{,}0062 \end{bmatrix}$$

$$[P]^T[Q] = \begin{bmatrix} 556{,}92 \\ 507{,}348 \\ 242{,}490 \end{bmatrix}$$

$$[U] = [R]^{-1}\left\{[P]^T \cdot [Q]\right\} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}402 \\ 0{,}699 \\ 0{,}233 \end{bmatrix}$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Sustav jednadžbi može se riješiti približno na sljedeći način:

$$Q_1 = P_1 \cdot u_1$$

$$Q_2 = P_2 \cdot u_1 + P_1 \cdot u_2$$

$$Q_3 = P_3 \cdot u_1 + P_2 \cdot u_2 + P_1 \cdot u_3$$

$$Q_4 = P_3 \cdot u_2 + P_2 \cdot u_3$$

$$Q_5 = P_3 \cdot u_3$$

Iz prethodnog sustava jednadžbi slijedi:

$$u_1 = \frac{Q_1}{P_1} = \frac{12,6}{9,0} = 1,4$$

$$u_2 = (Q_2 - P_2 \cdot u_1) \cdot \frac{1}{P_1} = (26,5 - 14,4 \cdot 1,4) \cdot \frac{1}{9,0} = 0,70$$

$$u_3 = (Q_3 - P_2 \cdot u_2 - P_3 \cdot u_1) \cdot \frac{1}{P_1} = (17,2 - 14,4 \cdot 0,70 - 3,6 \cdot 1,4) \cdot \frac{1}{9,0} = 0,231$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Promjena trajanja jediničnog hidrograma

- Metoda superpozicije
- Metoda S – krive.

Metoda superpozicije

T – satni jediničnim hidrogram

$$T_1 = n \cdot T \qquad \text{za n = 2, 3, ...}$$

Metoda je temeljena na korištenju principa superpozicije, jednog od principa teorije jediničnog hidrograma

JEDINIČNI HIDROGRAM

Metoda superpozicije

$$Q(t) = \sum_{j=1}^{n} u[T, t-(j-1)T] \cdot P_j$$

$$P_i = 1$$

$$Q(t) = u(T,t) + u(T,t-T) + u(T,t-2T) + ... + u(T,t-(n-1)T)$$

$$Q(t) : u(nT,t) = n : 1$$

$$u(nT,t) = \frac{Q(t)}{n}$$

$$u(nT,t) = \frac{1}{n}\left[u(T,t) + u(T,t-T) + u(T,t-2T) + ... + u(T,t-(n-1)T)\right]$$

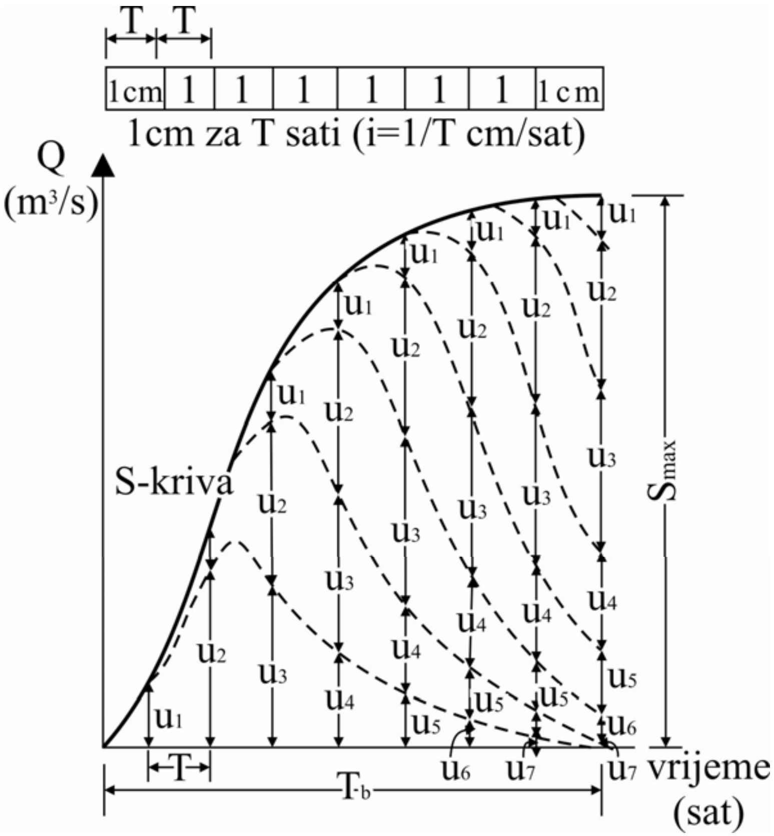
$$u(nT,t) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} u[T, t-(k-1)T]$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Metoda S - krive

Metodu superpozicije nije moguće primijeniti za određivanje novog jediničnog hidrograma otjecanja čije je trajanje efektivne kiše manje od T ili ako n nije cijeli broj.

S – kriva je hidrogram direktnog otjecanja koji je posljedica kontinuirane i ravnomjerne kiše intenziteta i=1/T beskonačnog trajanja



$$S(T,t=T)=u(T,t)=S_1=u_1$$

$$S(T,t=2T)=u(T,t)+u(T,t-T)=S_2=u_2+u_1$$

$$S(T,t=3T)=u(T,t)+u(T,t-T)+u(T,t-2T)=S_3=u_3+u_2+u_1$$

$$S(T,t=nT)=u(T,t)+u(T,t-T)+\ldots+u(T,(n-1)T)=S_n=\sum_{i=0}^{n}u_i$$

$$S(T,t=nT)=\sum_{i=0}^{n}u(T,t-iT)$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Metoda S - krive

$$S_1 = u_1$$

$$S_2 = u_2 + u_1 = u_2 + S_1$$

$$S_3 = u_3 + u_2 + u_1 = u_3 + S_2$$

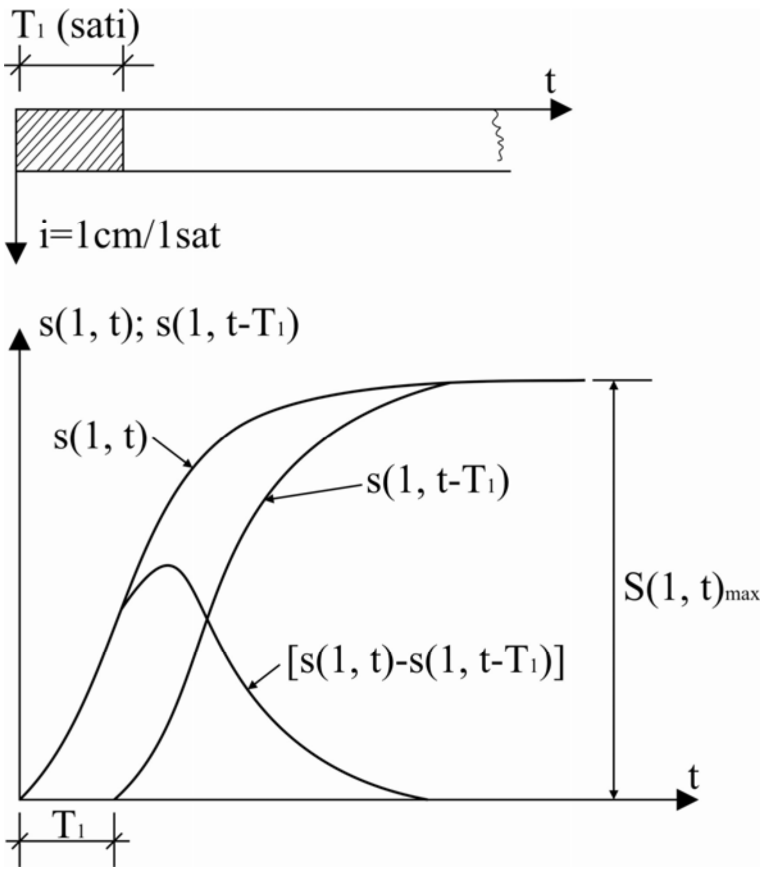
$$\vdots$$

$$S_n = u_n - S_{n-1}$$

$$S(T,t) = u(T,t) + S(T,t-T)$$

JEDINIČNI HIDROGRAM

Metoda S - krive



$$u(T_1, t) = \frac{T}{T_1} \cdot \left[S(T, t) - S(T, t - T_1) \right]$$

TRENUTNI JEDINIČNI HIDROGRAM

Trenutni jedinični hidrogram je hidrogram direktnog otjecanja od 1 cm (ili 1 mm) efektivne (neto) kiše čije je trajanje vrlo kratko T→0, a intenzitet $i \to \infty$

$$u(0,t)$$

1. Definiranje TJH na temelju prethodno definirane S-krive,

2. Definiranje TJH pomoću konceptualnih modela,

3. Definiranje TJH prilagođavanjem harmonijskih serija na hidrogram direktnog otjecanja, hijetogram efektivne kiše koja ga je izazvala i trenutni jedinični hidrogram,

4. Definiranje TJH korištenjem Laplasove transformacijske funkcije.

TRENUTNI JEDINIČNI HIDROGRAM

Definiranje trenutnog jediničnog hidrograma na temelju prethodno definirane S - krive

$$S(T,t=nT)=\sum_{i=0}^{n}u(T,t-iT) \quad n=1,2,3,\ldots$$

$$T \rightarrow 0$$

$$S(t)=\int_{0}^{t}u(0,t)\cdot dt \qquad u(0,t)=\frac{dS(t)}{dt}$$

Iz gornjeg izraza se vidi da se za malo *T*, ordinate *T* – satnog jediničnog hidrograma približno, mogu dobiti kao aritmetička sredina ordinata trenutnog jediničnog hidrograma na rastojanju *T*, odnosno:

$$u(T,t)=\frac{u(0,t-T)+u(0,t)}{2}$$

TRENUTNI JEDINIČNI HIDROGRAM

Definiranje trenutnog jediničnog hidrograma na temelju prethodno definirane S - krive