

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

**GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN**

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik



ISSN 0347-8165

**PERMEABILITETSBESTÄMNING I FÄLT**

**VID PERKOLATIONSMAGASIN**

Dimensionering

LARS O ERICSSON

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

**GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN**

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik



ISSN 0347-8165

---

**PERMEABILITETSBESTÄMNING I FÄLT**

**VID PERKOLATIONSMAGASIN**

Dimensionering

Adress:  
Chalmers tekniska högskola  
Geologiska institutionen  
Fack  
402 20 GÖTEBORG

LARS O ERICSSON

## FÖRORD

Föreliggande publikation har tillkommit inom den verksamhet som bedrivits av forskningsprojektet "Markvattenförhållanden i urbana områden". Detta projekt är ett delprojekt i det mer övergripande forskningsprojektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" som ingår i Geohydrologiska forskningsgruppens arbete vid Chalmers tekniska högskola.

I forskningsprojektet har bl.a. vattnets rörelse i den omättade zonen studerats liksom de mätmetoder som används. Vid anläggning av perkolationsmagasin är den hydrauliska konduktiviteten eller permeabiliteten för omgivande jordart en svårbestämd parameter. Denna skrift presenterar rent teoretiskt två metoder som kan användas för att bestämma ett för jordarten representativt K-värde. De erhållna K-värdena kan sedan ligga till grund för en dimensionering av perkolationsmagasin.

Alla storheter som beskrivs i publikationen förutsätts ingå i SI-systemet.

Göteborg i februari, 1978

Lars O Ericsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750148-4 från Statens råd för byggnadsforskning till Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD		i
INNEHÅLLSFÖRTECKNING		ii
SAMMANFATTNING		iii
1	INLEDNING	1
2	PERMEABILITET IN SITU	2
2.1	Metod 1	2
2.2	Metod 2	5
3	INFILTRATIONSFÖRLOPPET VID PERKOLATIONS- MAGASIN	6
4	REFERENSER	13
5	FÖRSLAG TILL UNDERSÖKNINGSPROGRAM	13

## SAMMANFATTNING

Vissa fältundersökningar har visat goda resultat att bestämma en jordarts hydrauliska konduktivitet eller permeabilitet i en väl definierad provgrop. Genom att studera avsänkningen av en till provgropen tillförd vattenmängd kan, under vissa antaganden, ett lokalt representativt K-värde erhållas.

I denna publikation beskrivs två alternativa metoder för K-värdesbestämning. Metoderna bygger på den sk. "Auger hole method" (Kessler & Oosterbaan, 1974). Metod I (sid 2) förutsätter en känd grundvattenyta, medan metod II (sid 5) ej tar hänsyn till grundvattenytans läge. Fältkapaciteten i omgivande jordart skall vara uppnådd, dvs. K varierar ej med vattenhalten. Vidare förutsätts att jordens porositet utgör ett oändligt magasin och att en förhöjning av grundvattenytan under en provgrop ej påverkar den hydrauliska gradienten som styr utflödet. Permeabiliteten i horisontell respektive vertikal riktning antas vara lika.

Utifrån ett erhållet K-värde och ovan beskrivna villkor kan därefter ett perkolationsmagasin dimensioneras. I denna skrift redogörs enbart kortfattat för hur en dimensionering kan utföras med ett dimensionerande blockregn. (Se sid 6).

Den geometriska utformningen av provgropar och perkolationsmagasin är, pga den teoretiska uppläggnings, starkt förenklad. De geometriska villkoren bör modifieras med hänsyn till erforderliga släntlutningar.

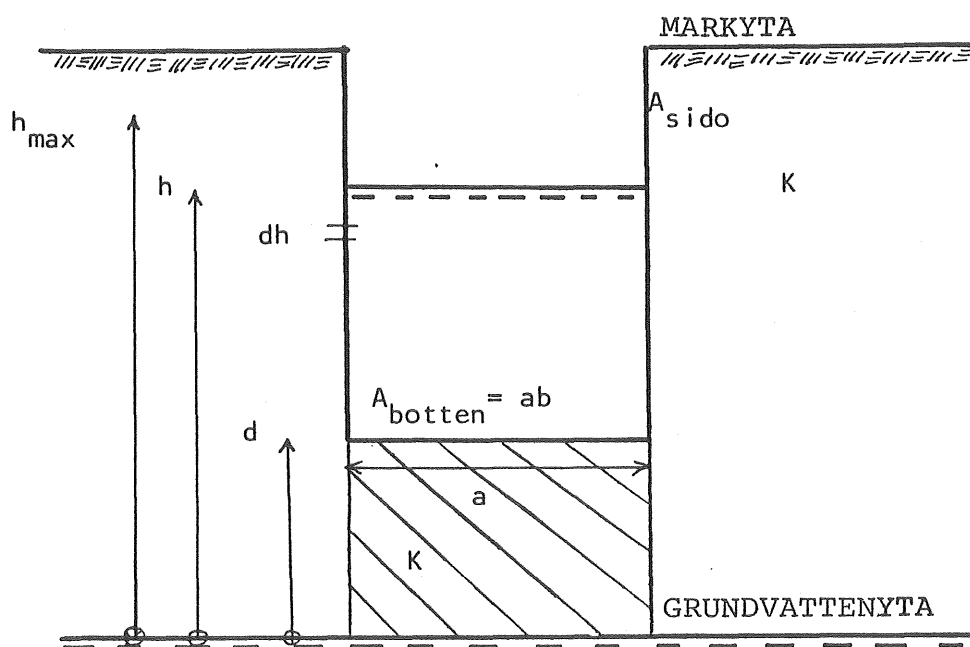
De inledande försöken med teorierna har varit så lovande att det nu är av stor vikt att ytterligare pröva metodernas tillförlitlighet i fält. Därför ges ett förslag till undersökningsprogram i kapitel 5.

På senare år har flera dimensioneringsmetoder för perkolationsmagasin presenterats. En central, svårbestämd dimensioneringsparameter är den hydrauliska konduktiviteten eller permeabiliteten för omgivande jordart. Permeabilitetsbestämningar med hjälp av provpumpningar eller enhålsförsök ger ej något representativt värde eftersom perkolationsmagasinen placeras i markens vattenomättade zon. Vidare kan de gängse permeabilitetsbestämningarna enligt laboratorieförfarande ej anses vara representativa eftersom man då ej har någon jämförbar packningsgrad. Vid dimensioneringarna har ofta använts den av Hazen empiriskt uppställda formeln för permeabilitet, vilken kräver en mekanisk analys.

En stor fördel vore om en, för den omättade zonen, representativ K-värdesbestämning kunde göras i fält. I denna uppsats presenteras två förslag till hur eventuellt en sådan bestämning skulle kunna göras i en väl definierad provgrop. Vissa grova antaganden har därvid måst göras men metoderna kan anses ge en god representativ bild av perkolationsförloppet samtidigt som ett lokalt K-värde erhålls. Utifrån dessa K-värden och vissa antaganden presenteras därefter principen för en dimensionering av ett perkolationsmagasin. Avsikten är att presentera en enkel modell där utflödet från perkolationsmagasinet, ej är konstant utan, beror på magasinets fyllnadsgrad. Denna modell har en mindre säkerhetsmarginal än vad Paus, Andersson, Carlstedt (1974) rekommenderar. Den är likväl intressant eftersom den bygger på ett "in situ"-bestämt K-värde. Metoderna är även av speciellt intresse vid tillämpning av den sk regnenvelop-metoden (Cederwall & Eriksson, 1977)

## 2 PERMEABILITET IN SITU

Nedanstående metodbeskrivningar av hur permeabiliteten  $K$  kan bestämmas i fält bygger på principen för den s k "Auger hole method" (Kessler & Oosterbaan, 1974). Metoden förutsätter att en väl definierad provgrop föreligger. Fältkapaciteten i omgivande jordart skall vara uppnådd, dvs  $K$  varierar ej med vattenhalten. Vidare förutsätts att jordartens porositet utgör ett oändligt magasin. Vid beräkningarna påverkar en förhöjning av grundvattenytan ej den hydrauliska gradienten som styr utflödet från provgropen. Permeabiliteten i horisontell respektive vertikal riktning antas vara lika.

2.1 Metod I

FIGUR 1

Vatten antas försvinna från provgropen såväl genom väggarna som genom botten. Vidare antas avståndet till den ursprungliga grundvattennivån vara känd. Den i figur 1 streckade jordvolymen mellan grundvattenytan och magasinsbotten förutsätts vara helt vattenmättad. Det innebär att utflödet genom magasinsbotten kommer att påverkas av den aktuella hydrauliska gradienten som råder. Vatten som infiltrerar genom väggarna antas perkolera med en hydraulisk gradient = 1, dvs fältkapacitet råder.

Sidospridning

$$A_{\text{sid}} = 2a \cdot (h-d) + 2b \cdot (h-d) = (2a+2b) \cdot (h-d) \quad (1)$$

där  $A_{\text{sid}}$  = totala genomströmningsarean genom vilken vatten infiltrerar i sidled

a = gropens längd

b = gropens bredd

h = höjd över GVV

d = avstånd mellan GVV och provgropens botten

Darcy's lag ger:

$$q_{\text{ut,sid}} = K \cdot A_{\text{sid}} \cdot I = K \cdot (2a+2b) \cdot (h-d) \quad (2)$$

Bottenspridning

$$A_{\text{botten}} = a \cdot b \quad (3)$$

$$I = \frac{h}{d} \quad (4)$$

Den hydrauliska gradienten I är enligt ovan starkt förenklad. Olika antaganden förekommer i litteraturen. Sichardt anger t ex att max gradienten högst kan vara lika med  $I \leq 1/15\sqrt{K}$  (5). Detta antagande gäller ursprungligen egentligen för inströmning till en brunn och hypotesen leder till att om  $I \geq 1$  måste  $K \leq 4,45 \cdot 10^{-3}$  m/s. Det är angeläget att utreda om Sichardts påstående gäller vid tillämpning på perkolationsmagasin.

Darcy's lag ger:



Sidospridning

$$A_{\text{sid}} = 2a \cdot (h-d) + 2b \cdot (h-d) = (2a+2b) \cdot (h-d) \quad (1)$$

där  $A_{\text{sid}}$  = totala genomströmningsarean genom vilken vatten infiltrerar i sidled

a = gropens längd

b = gropens bredd

h = höjd över GVV

d = avstånd mellan GVV och provgropens botten

Darcy's lag ger:

$$q_{\text{ut,sid}} = K \cdot A_{\text{sid}} \cdot I = K \cdot (2a+2b) \cdot (h-d) \quad (2)$$

Bottenspridning

$$A_{\text{botten}} = a \cdot b \quad (3)$$

$$I = \frac{h}{d} \quad (4)$$

Den hydrauliska gradienten I är enligt ovan starkt förenklad. Olika antaganden förekommer i litteraturen. Sichardt anger t ex att max gradienten högst kan vara lika med  $I \leq 1/15\sqrt{K}$  (5). Detta antagande gäller ursprungligen egentligen för inströmning till en brunn och hypotesen leder till att om  $I \geq 1$  måste  $K \leq 4,45 \cdot 10^{-3}$  m/s. Det är angeläget att utreda om Sichardts påstående gäller vid tillämpning på perkolationsmagasin.

Darcy's lag ger:

$$q_{ut,botten} = K \cdot ab \cdot \frac{h}{d} \quad (6)$$

Det totala utflödet från provgropen,  $q_{ut}$  är:

$$q_{ut} = q_{ut,sido} + q_{ut,botten} = K \cdot (2a+2b)(h-d) + \quad (7)$$

$$+ K \cdot ab \cdot \frac{h}{d}$$

Om vattenytan i gropen under tidsintervallet  $dt$  sänks med avståndet  $dh$  infiltrerar följande flöde från provgropen:

$$q_{ut} = -a \cdot b \cdot dh/dt \quad (8)$$

Ekvationerna (6) och (7) ger:

$$-ab \cdot dh/dt = K \cdot (2a+2b) \cdot (h-d) + K \cdot a \cdot b \cdot h/d \quad (9)$$

$$q_{ut} = -ab \cdot dh/dt = \frac{K}{d} \cdot [(2ad+2bd+ab)h - 2d^2 \cdot (a+b)] \quad (10)$$

Integration mellan gränserna

$$\begin{array}{l} t = 0 \quad , \quad h = h_{\max} \quad \text{och} \\ t = t \quad , \quad h = h \quad \quad \quad \text{ger} \end{array}$$

$$\frac{K \cdot t}{a \cdot b \cdot d} = \frac{1}{A} \ln (-B+A \cdot h) - \frac{1}{A} \ln (-B+A \cdot h_{\max}) \quad (11)$$

$$\text{där} \quad A = (2ad+2bd+ab) \quad \text{och} \quad B = 2d^2 (a+b)$$

Permeabiliteten  $K$  blir då lika med:

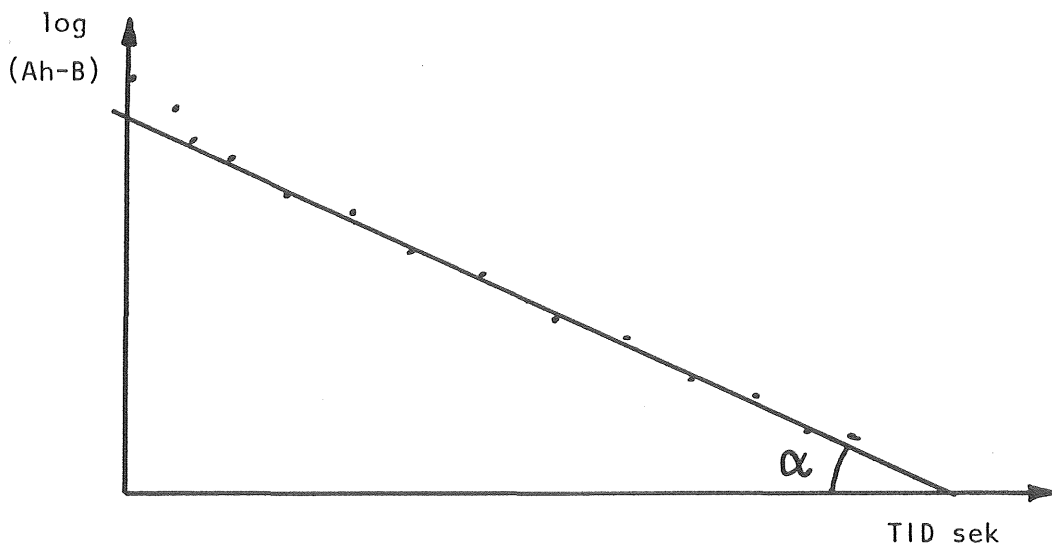
$$K = \frac{abd}{A \cdot t} \left[ \ln (A \cdot h_{\max} - B) - \ln (A \cdot h - B) \right] \quad (12)$$

Om ekvation (12) skrivs om från naturliga logaritmer till 10-logaritmer erhålls:

$$K = \frac{2,30}{\frac{2}{a} + \frac{2}{b} + \frac{1}{d}} \left[ \frac{{}^{10}\log (A h_{\max} - B) - {}^{10}\log (A h - B)}{t} \right] \quad (13)$$

Om  $(A \cdot h - B)$  plottas mot  $t$  i ett semilogaritmisk diagram erhåller man en rät linje med  $\tan \alpha = ({}^{10}\log (A \cdot h_{\max} - B) - {}^{10}\log (A h - B)) / t$

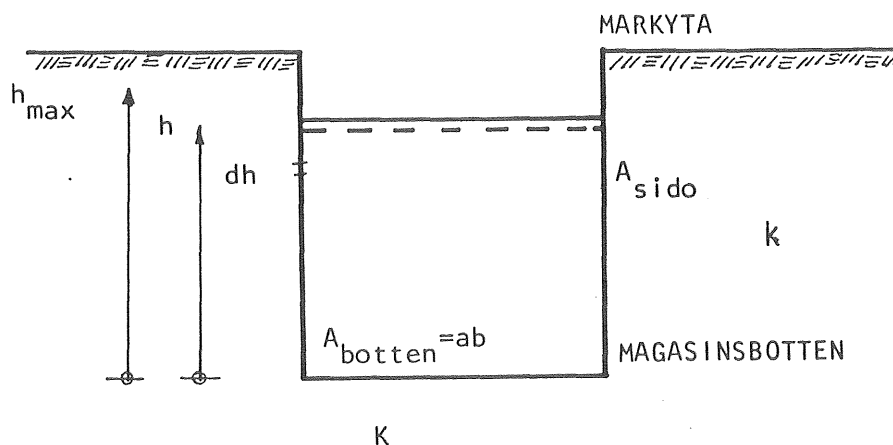
$$K = \frac{2,30}{\frac{2}{a} + \frac{2}{b} + \frac{1}{d}} \cdot \tan \alpha \quad (14)$$



FIGUR 2

## 2.2 Metod II

Om avståndet till grundvattenytan ej är känt och om man antar att den hydrauliska gradienten som styr flödet i omgivande jordart är lika med 1 erhålles följande värde på permeabiliteten  $K$ . (se figur 3)



FIGUR 3

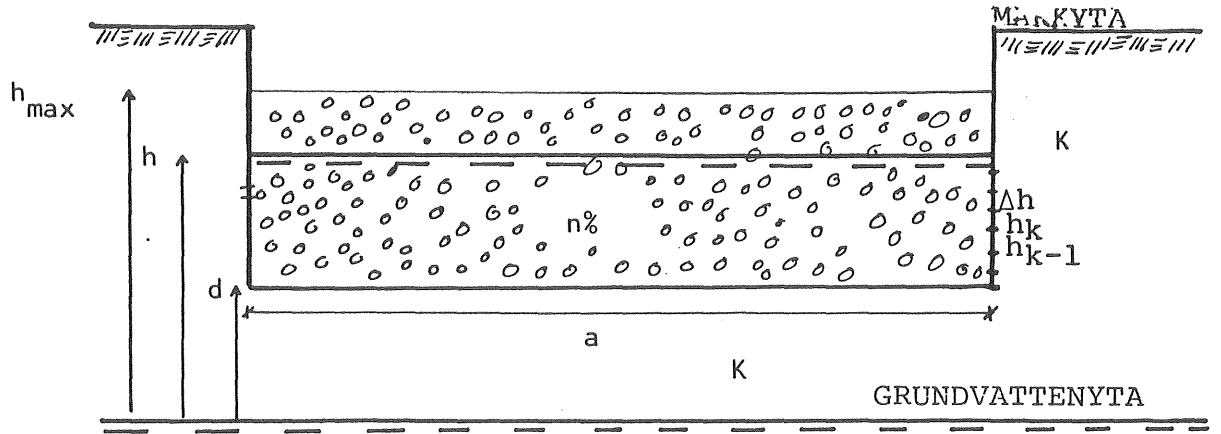
$$K = \frac{1,15 \cdot a \cdot b}{(a+b)} \left[ \frac{{}^{10}\log((2a+2b)h_{\max}+ab) - {}^{10}\log((2a+2b)h+ab)}{t} \right] \quad (15)$$

Lämpligtvis plottas  $((2a+2b)h + ab)$  mot  $t$  i ett semilogaritmsk diagram. Då erhålles  $\tan \alpha = \left[ {}^{10}\log((2a+2b)h_{\max} + ab) - {}^{10}\log((2a+2b)h+ab) \right] / t$

$$K = \frac{1,15 \cdot ab}{(a+b)} \tan \alpha \quad (16)$$

### 3 INFILTRATIONSFÖRLOPPET VID PERKOLATIONSMAGASIN

När permeabiliteten bestämts i en provgrop där man tänkt anlägga ett perkolationsmagasin kan infiltrationsförloppet beskrivas med hjälp av vissa ekvationer. Ekvationerna bygger på de förutsättningar som tidigare beskrivits. Antag att perkolationsmagasinet innehåller makadam med effektiva porositeten  $n$ . Situationen med känd grundvattenyta antages vidare gälla.



FIGUR 4

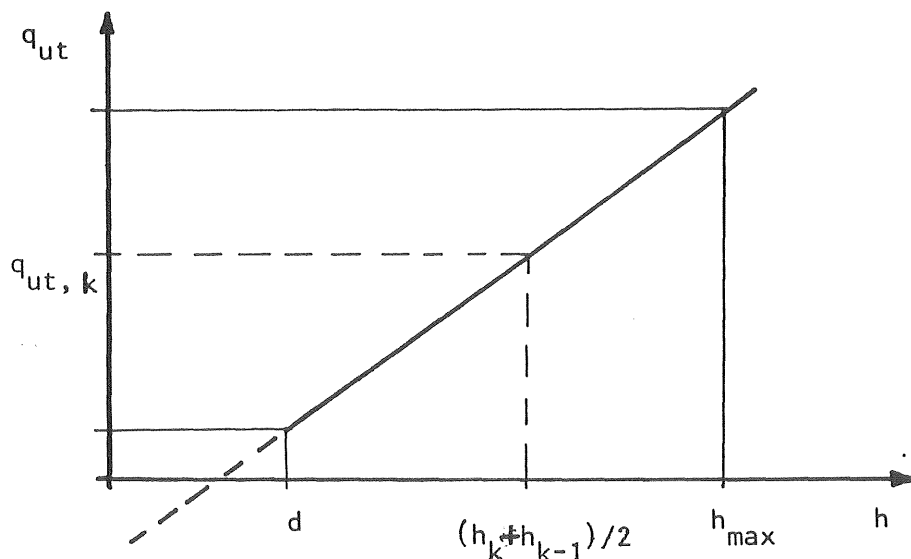
På motsvarande sätt som vid provgropen kan det totala utflödet från perkolationsmagasinet formuleras (jfr ekv. 10)

$$q_{ut} = -ab \cdot n \cdot dh/dt = \frac{K}{d} \left[ (2ad+2bd+ab)h - 2d^2(a+b) \right] \quad (17)$$

$$q_{ut} = \frac{K}{d} \cdot (Ah - B) \quad (18a)$$

där  $A = (2ad+2bd+ab)$  och  $B = 2d^2(a+b)$  (jfr ovan)

Om vi väljer värden på längd (a), bredd (b) och avstånd till grundvattenyta (d) erhålls ett rätlinjigt samband mellan  $q_{ut}$  och h. (se fig. 5)



FIGUR 5

Antag, att vi väljer ett dimensionerande regn som ger medelintensiteten  $P$  och har varaktigheten  $t_{var}$ . Under den tid som perkolationsmagasinet fylls till max höjd  $h_{max} = h_m$  rinner en viss flödesmängd ut i omgivande jordart. Denna flödesmängd motsvaras av summan av perkolationsvolymerna för respektive magasin nivå  $h_k$ . ( $h_0 = d$ ;  $\Delta h = \text{konst} = h_k - h_{k-1}$ ;  $\sum_{k=1}^{k=m} q_{ut,k} \cdot \Delta t_k =$  perkolationsvolym). (Se fig. 4,5)

$$q_{ut,k} = \frac{K}{d} \left( A \cdot \frac{h_k + h_{k-1}}{2} - B \right) \quad (18 \text{ b})$$

Om  $q_{ut,k} > P$  kan magasinets volym minska eftersom fyllnadshöjden ej blir högre än  $h_k$ .

Regnvolymer som ej rinner ut under själva varaktigheten skall magasineras. Den tid  $\Delta t_k$  under vilken "respektive" perkolationsintensitet verkar fås genom:

$$P \cdot \Delta t_k = a \cdot b \cdot n \cdot \Delta h + q_{ut,k} \cdot \Delta t_k \quad (19 \text{ a})$$

Om man betraktar magasinet med totala regnvolymer som skall magasineras och perkolera under varaktigheten  $t_{var}$ , erhålles:

$$P \cdot t_{var} = a \cdot b \cdot n \cdot (h_{max} - d) + \sum_{k=1}^{k=m} q_{ut,k} \cdot \Delta t_k \quad (19 \text{ b})$$

Ekvationen måste passningsräknas så att magasinerad och perkolerad regnvolymer blir tillräcklig för den dimensionerande regnvolymer.

Som en kontroll studeras om  $t_{var} \leq \sum_1^m \Delta t_k$ . Om så ej är fallet måste magasinets volym ökas.

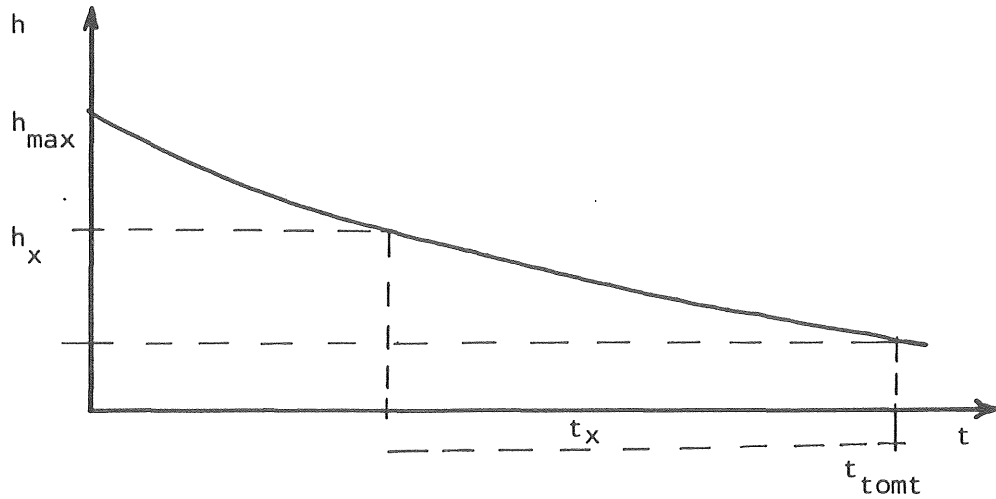
Viss säkerhetsmarginal bör ges med hänsyn till inläckage från markvattenzonen. Vidare måste hänsyn tas till tjäldjup och avstånd till grundvattenyta. Om tillrinningen ej simuleras som konstant utan som en hydrograf är det lämpligare att utgå från en vald geometri och studera flödes- och magasinförloppen under valda konstanta tidssteg.

När perkolationsmagasinets geometriska utseende bestämts kan den totala tömningstiden beräknas. Integreras ekv (17) mellan gränserna  $t = 0$ ,  $h = h_{max}$  och  $t = t$ ,  $h = h$  erhålls:

$$t = \frac{abdn}{A \cdot K} (\ln (A \cdot h_{max} - B) - \ln (A \cdot h - B)) \quad (20)$$

Magasinshöjden som funktion av tömningstiden blir:

$$h = \frac{1}{A} \left[ (A \cdot h_{max} - B) e^{-\frac{t \cdot A \cdot K}{abdn}} + B \right] \quad (21)$$



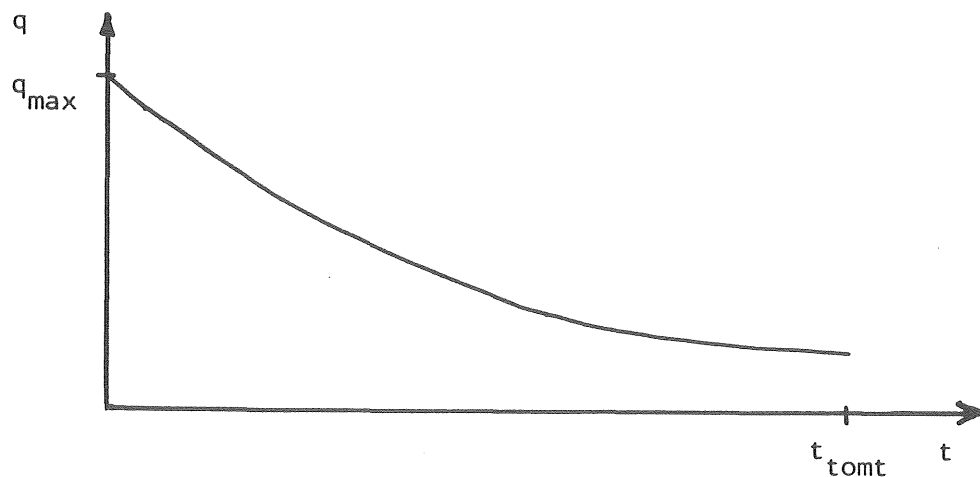
FIGUR 6

I figur 6 kan man avläsa efter hur lång tid,  $t_x$ , som perkola-tionsmagasinet, vid viss uppfyllnad  $h_x$ , är tomt.

Ekvationerna (18) och (21) ger:

$$q_{ut} = \frac{K}{d} (A \cdot h_{max} - B) e^{-\frac{A \cdot K}{abdn} \cdot t} \quad (22)$$

Ekvation (22) anger hur stor perkolationen är som funktion av tiden, efter det att en viss uppfyllnadsgrad ägt rum i perkola-tionsmagasinet. Se fig. 7.



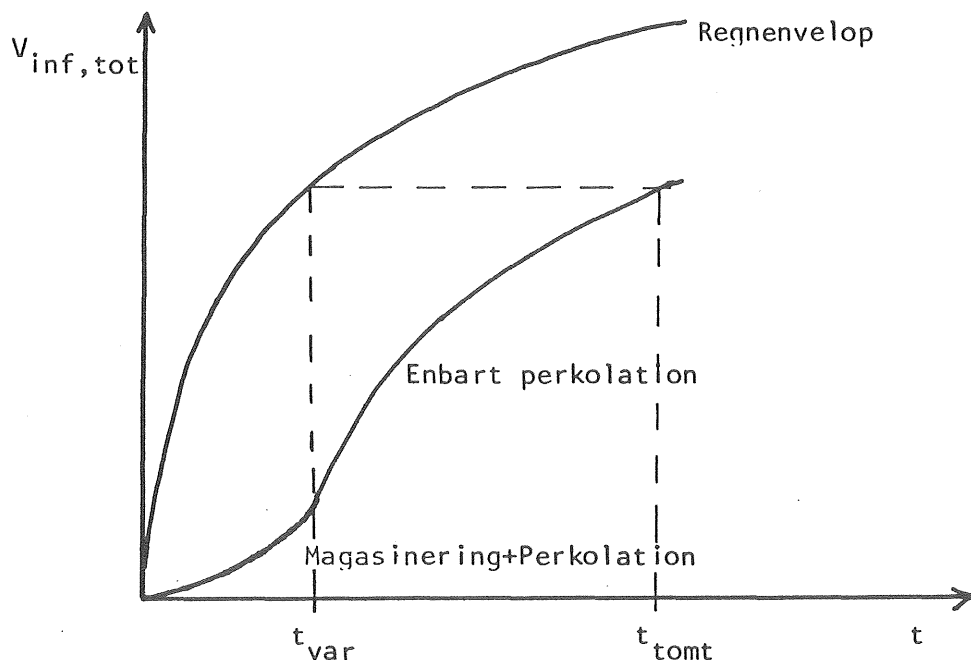
FIGUR 7

Cederwall & Eriksson (1977) har presenterat en dimensioneringsmetod enligt den s k regnvelop -modellen. Perkola-tions- och fördröjningsmagasin dimensioneras med hänsyn till blockregn, dvs regn med viss återkomsttid, varaktighet och volym. Infiltrationen antas i envelop -modellen vara konstant med en gradient lika med ett. Med hjälp av de tidigare förda resonemangen skulle emellertid en något modifierade infiltrationsmodell kunna presenteras.

Den totala volymen som infiltrerar under regnets varaktighet varierar från 0 (regnets början) till  $\sum_{k=1}^{k=m} q_{ut,k} \cdot \Delta t_k$  (regnets slut). Därefter har magasinet sin högsta uppfyllnad och tömningen påbörjas. Den ackumulerade volymen som infiltrerar ut från magasinet blir då:

$$V_{inf,tot} = V_{inf,regn} + V_{inf.tömn.} = \sum_{k=1}^{k=m} q_{ut,k} \cdot \Delta t_k + \int_{t_{var}}^{t_{tomt}} \frac{K}{d} (A \cdot h_{max} - B) e^{-\frac{Ak}{abdn} \cdot t} \cdot dt \quad (23)$$

$$V_{inf,tot} = \sum_{k=1}^{k=m} q_{ut,k} \cdot \Delta t_k + \frac{(A h_{max} - B) abn}{A} \cdot (e^{-\frac{AK}{abdn} \cdot t_{var}} - e^{-\frac{AK}{abdn} \cdot t_{tomt}}) \quad (24)$$

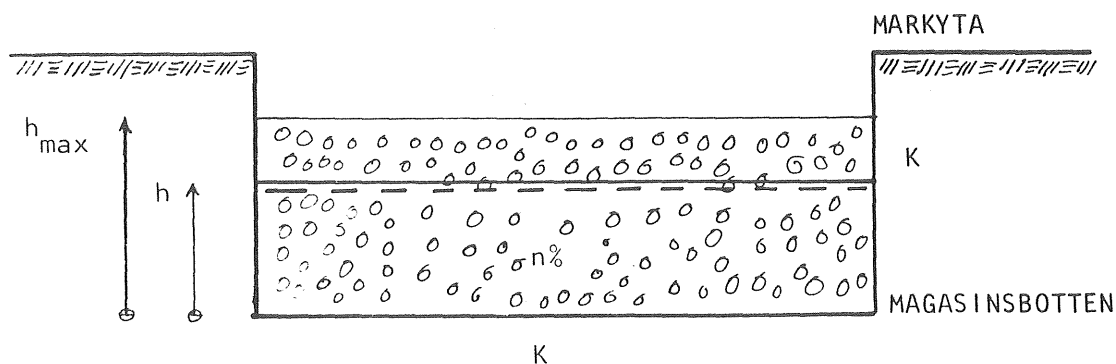


FIGUR 8



Perkolationsförloppet, vilket grafiskt skildras i fig. 8, torde bättre kunna överensstämma med verkligheten än det förlopp som beskrivs av Cederwall & Eriksson (1977). Den skisserade modellen skulle direkt kunna användas vid dimensionering enligt regnvelop-modellen.

Om liknande förutsättningar gäller som antogs för  $K$ -värdesbestämning vid metod II, får man följande centrala ekvationer för ett perkolationsmagasin. Se fig. 9.



FIGUR 9

Infiltrationshastighet som funktion av fyllnadshöjden:

$$q_{ut} = -a \cdot b \cdot n \cdot dh/dt = K \cdot [(2a+2b)h+ab] \quad (25)$$

jfr (18a)

Vid ett regntillfälle magasineras respektive infiltrerar vatten:

$$P \cdot t_{var} = a \cdot b \cdot n \cdot h_{max} + \sum_{k=1}^{k=m} q_{ut,k} \cdot \Delta t_k \quad (26)$$

jfr (19b)

Tömningstiden  $t$  från en viss magasinsfyllnad  $h_{\max}$  kan tecknas:

$$t = \frac{a \cdot b \cdot n}{2K(a+b)} \left[ \ln \left( (2a+2b)h_{\max} + ab \right) - \ln \left( (2a+2b)h + ab \right) \right] \quad (27)$$

jfr (20)

Magasinshöjden  $h$  som funktion av tömningstiden blir:

$$h = \frac{1}{2a+2b} \cdot \left[ \left( (2a+2b)h_{\max} + ab \right) \cdot e^{-\frac{t \cdot 2K(a+b)}{a \cdot b \cdot n}} - ab \right] \quad (28)$$

jfr (21)

Ekvationerna (25) och (28) ger:

$$q_{ut} = K \cdot \left[ (2a+2b)h_{\max} + ab \right] \cdot e^{-\frac{2K(a+b)}{a \cdot b \cdot n} \cdot t} \quad (29)$$

jfr (22)

Den samlade volymen vatten som perkolerar vid ett nederbördstillfälle skulle med detta betraktelsesätt bli (jfr ekv 24)

$$V_{inf,tot} = \sum_{k=1}^{k=m} q_{ut,k} \cdot \Delta t + \frac{a \cdot b \cdot n \left[ (2a+2b)h_{\max} + ab \right]}{2(a+b)} \cdot \quad (30)$$

$$\cdot \left( e^{-\frac{2K(a+b)}{a \cdot b \cdot n} \cdot t_{var}} - e^{-\frac{2K(a+b)}{a \cdot b \cdot n} \cdot t_{tomt}} \right)$$

När den maximala perkolationsintensiteten bestämts är det lämpligt att bestämma grundvattenytans förhöjning under perkolationsmagasinet. Detta kan t ex göras med t ex Hantush metod (1967). (Walton, 1970).

## 4 REFERENSER

Cederwall, K & Eriksson, A, 1977. Dimensionering av infiltrationsmagasin enligt regnenvelop -metoden. Väg- och Vattenbyggaren nr 4, 1977.

Kessler, J & Oosterbaan R J, 1974. Determining hydraulic conductivity of soils. Drainage principles and applications. ILRI. Publ. 16. Vol III. Wageningen.

Paus K, Andersson, R & Carlstedt, B, 1974. Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. Publ. R23: 1974. Byggeforskningen. Stockholm.

Walton, W, 1970. Groundwater Resource evaluation. McGraw-Hill series. New York.

## 5 FÖRSLAG TILL UNDERSÖKNINGSPROGRAM

- Välj en försöksplats i en sandig jordart där avstånd till grundvattenytan är känd. Denna grundvattenyta bör ligga ca 2-3 m under markyta. Placeringen kan med fördel tänkas göras i en grustäkt. Tillgång till vatten för påfyllning är viktigt att komma ihåg.
- Slå observationsrör i anslutning till tänkt perkolationsmagasin. Rören skall slås på olika avstånd från magasinet. Slå gärna ett rör med sluten spets nära magasinet för att mäta markvattenhalten.
- Gräv en provgrop (ca 0,7 x 0,7 x 0,7 m). Mät in noga! Gör K-värdesbestämningar enligt metod I och metod II. Dvs. plotta på semilogaritmiskt papper. Upprepa bestämningarna ca 5 ggr.
- Gräv ut en grop för perkolationsmagasinet. Djup ca 0,5-1,0 m över grundvattenytan. Area väljes ca 1,5 x 2,5 m.

Tag jordprover på olika djup. Kartera stratigrafi. Gör ringinfiltrometerförsök i botten. Placera gipsblock under magasinsbotten på olika nivåer. Pegelobservationsrör sätts i magasinet.

- Fyll på makadam eller singel av känd porositet. Mät naturlig vattenhalt. Hänsyn till tjäldjup tas ej eftersom försöken avses göras under sommartid.
- En K-värdesbestämning liknande provgropen görs. Representativiteten i K mot olika utseende testas. Gör ca 5 påfyllningar och mät avsänkningen. Jämför med ekv. 21 och 28. Mät grundvatten och markvatten. (Dvs fig. 6).
- Gör en successiv påfyllning på så sätt att olika fasta fyllnadshöjder åstadkommes med olika påfyllnadsintensiteter. Mät grundvatten och markvatten. Jämför ekv. 18 och 25. (Dvs 5).
- Välj lämpligt blockregn (konst.intensitet och viss varaktighet). Registrera pegelförloppet tills dess att magasinet är tomt. Jämför ekv. 24 och 30. (Dvs fig. 8).
- Uppskatta grundvattenförhöjningen med Hantush metod och jämför med mätningar i fält.
- Gäller Sichardts formel?

Chalmers Tekniska Högskola

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjning- och avloppsteknik

Meddelande:

- nr 1           Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-  
avrinning och grundvattenbildning. Läges-  
rapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973.
- nr 2           Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1.  
Evaluering av akviferers geohydrologiska  
data med hjälp av provpumpningsdata. 1973.
- nr 3           Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2.  
Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska  
diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata.  
1973.
- nr 4           Viktor Arnell: Nederbördsrätmätare. En samman-  
ställning av några olika mätartyper. 1973.
- nr 5           Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor  
för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden  
1926 - 1971. 1974.
- nr 6           Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-  
avrinning och grundvattenbildning. Läges-  
rapporter (1973-03-01 - 1974-02-01).  
1974.
- nr 7           Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska  
kartor - litteraturstudier. 1974.

- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974.
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974.
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974.
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Rapport från arbetsgruppen "Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper". Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. The character and properties of urban storm water results from investigations in Stockholm and Gothenburg 1969-1972. English summary. 1974.
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg, meddelande nr 12, 1975.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Urban storm water quality. Interim report from a study in Gothenburg. English summary. 1975.
- nr 15 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt, Anders Sjöberg och Gilbert Svensson: Dagvatten, Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg, Norge, 1975. 1976.

- nr 16 Leif Andréasson, Leif Carlsson, Klas Cederwall, Bengt-Arne Torstensson och Per Wedel: Grundvatten, Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg, Norge, 1975. 1976.
- nr 17 Olov Holmstrand: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. (Under utskrift).
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. In English. 1977.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattentechnik. Resa i december 1976. 1977.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence i Anaheim, USA. 29 nov - 17 dec 1976. 1977.
- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. (Under tryckning).
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977.

- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntson: Kontrollerad balans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. (Under utskrift).
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. (Under utskrift).
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977.02.01-1977.11.30. 1978. (Under tryckning).
- nr 29 Leif Carlsson; Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. (Under utskrift).
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. (Under tryckning)
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. (Under tryckning).
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. (Under tryckning).