

EKSAMENSOPPGAVE

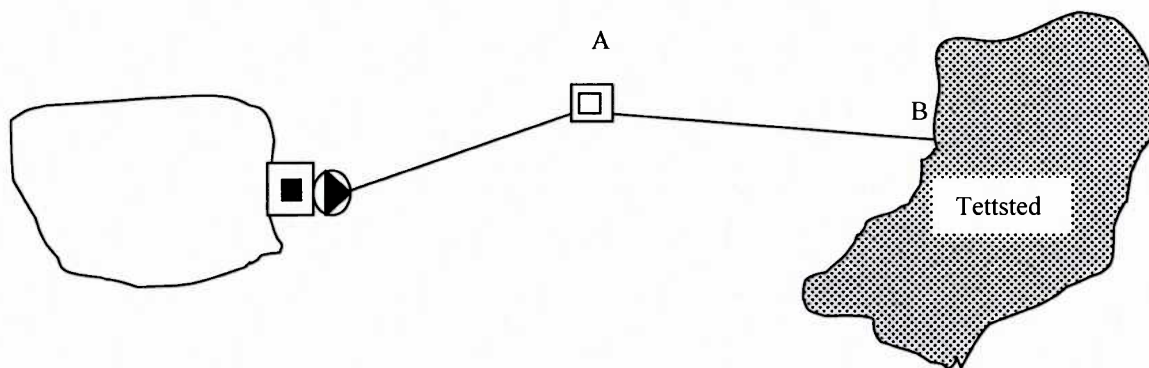
Fag: IRB36012 000 Vann- og miljøteknikk

Lærer: Geir Torgersen

Grupper: 10 Bygg	Dato: 03.12.12	Tid: 0900 - 1300
Antall oppgavesider: 4	Antall vedleggsider: 4	
Sensurfrist: 02.01.13		
Hjelpemidler: Utdelt lommekalkulator		
Merknad: Alle deloppgaver (a, b, c osv.) teller 10 % hver. Aktuelle formler er vist i vedlegg 1 og 2.		
KANDIDATEN MÅ SELV KONTROLLERE AT OPPGAVESETTET ER FULLSTENDIG		

Oppgave 1 – VANN

Figur 1 viser en skisse over vannforsyningssystemet til et tettsted på Østlandet. Ved vannkilden ligger et vannbehandlingsanlegg og en pumpestasjon. Ved pkt. A ligger et høydebasseng. Pkt. B er der ledningen fra bassenget kommer inn til tettstedet som skal forsynes med vann. Terrengen skråner jevnt nedover fra bassenget i A, til B og videre gjennom hele tettstedet.



Figur 1

Høydebasseng (A) . maks bassengnivå	kt 115
Øverste del av tettstedet (B)	kt 80
$Q_{\text{midlere forbruk (personer og industri)}}$	20 l/s
Q_{lekkasje}	10 l/s
Maks døgnfaktor f_{maks}	1,5
Maks timefaktor k_{maks}	2,0
$Q_{\text{brannvann}}$	12 l/s
Lengde fra A til B	1500 m
Friksjonstap f (inkl. singulærtap)	0,02

Det skal legges ny PVC-ledning fra A til B. Tappetrykket hos abonnentene som bor ved B skal ha minimum 10 mVS ved maksimalt forbruk inkl. brannvann. Tilgjengelige ledningsdimensjoner er vist i tabellen nedenfor:

<i>Dimensjon (ytre diameter) PVC (mm)</i>	<i>Veggtykkelse PVC (mm)</i>
<i>ø110</i>	<i>5,3</i>
<i>ø160</i>	<i>7,7</i>
<i>ø250</i>	<i>11,9</i>
<i>ø315</i>	<i>15,0</i>
<i>ø400</i>	<i>19,1</i>

- a) Finn Q_{dim} for ledningen fra A til B.

Finn ved hjelp av Darcy Weisbachs likning nødvendig ledningsdimensjon fra A til B.

- b) Bassenget i figur 1 skal ha et volum som tilsvarer maksimalt døgnforbruk i 1 døgn og 4 timer brannvannsforsyning.

Finn nødvendig bassengvolum.

- c) Tegn et typisk tverrsnitt av en ledningsgrøft med ledninger for vann-, spillvann og overvann.

Forklar årsaken til rekkefølgen på ledningene både vertikalt og horisontalt i grøftetverrsnittet.

- d) Hvorfor er desinfeksjon er så viktig i et vannbehandlingsanlegg.

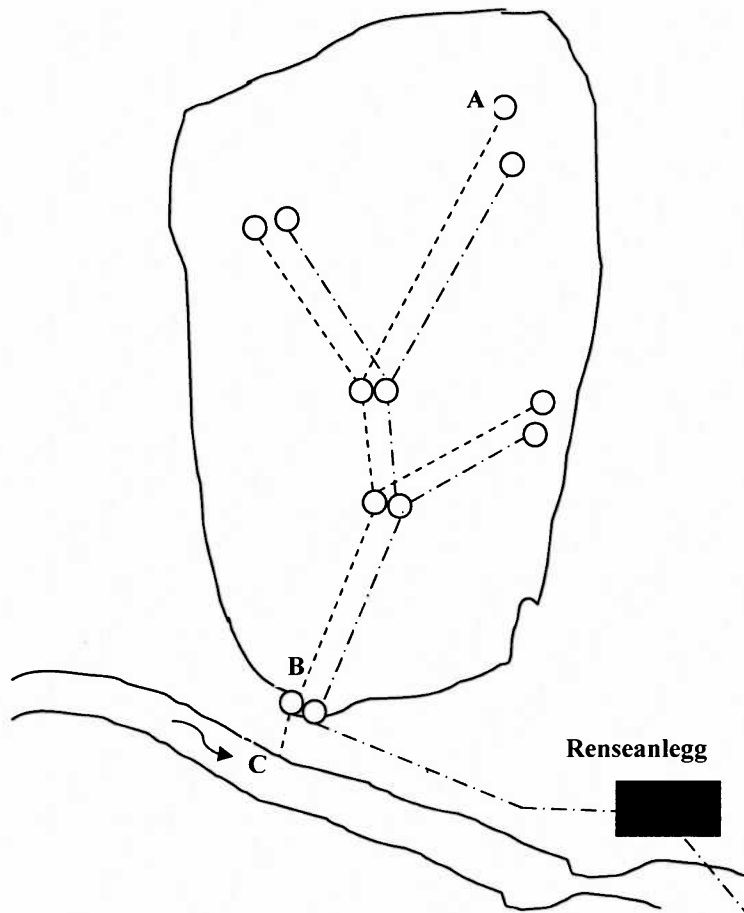
Nevn de to vanligste metodene for desinfeksjon i Norge.

Nevn en fordel og en ulempe med hver av de to metodene.

Forklar hva som menes med at et vannforsyningsystem må ha to hygieniske barrierer.

OPPGAVE 2 – AVLØP

Det skal bygges et nytt eneboligområde i Fredrikstad-området. Det skal være separatsystem for avløpet. Figur 2 viser nedslagsfeltet og avløpsledninger gjennom feltet. Nedenfor pkt B ledes overvannet til bekken ved pkt. C, mens spillvannet går til renseanlegget.



Figur 2

Hele feltet er beregnet til 20 hektar (ha). Alt overvannet i feltet samles opp i en kum ved B. Beregninger har vist at det ved dimensjonerende regnvær tar 4 min for en regndråpe fra ytterkanten av feltet til det når overvannskummen i A. Videre er det beregnet at det tar 11 min å renne i ledningen fra A til B.

- a) Anta at Imhoffs setning gjelder for dette feltet. I vedlegg 3 vises nedbørsintensitetskurver for Fredrikstad (bruk 5 års gjentaksintervall, nest nederste kurve).

Bruk tabellen nederst i vedlegg 3 og finn en passende avrenningskoeffisient og finn dimensjonerende overvannsmengde ved B (l/s).

- b) Overvannet fra B skal ledes i rør til nærmeste bekk ved C. Det legges rør med ruhet $k = 1,0$ mm og et fall på 3 %.

Finn nødvendig rørdimensjon fra B til C ved hjelp av Colebrooks diagram i vedlegg 4. (Velg mellom standarddiametere: 800 mm, 1000 mm, 1200 mm, 1400 mm osv.).

- c) Noen år etter at feltet er ferdig utbygget viser det seg at det kommer mye mer overvann fra boligfeltet og inn i ledningssystemet enn det man trodde da feltet ble planlagt. Ved store nedbørsmengder blir det blant annet kjelleroversvømmelser for dem som bor nederst i feltet.

Beskriv noen mulige tiltak som kan redusere og forsinke overvannet slik at det blir mindre problemer i ledningssystemet.

- d) I en by på Østlandet har man beregnet følgende mengder i løpet av et år:

- Drikkevann fra vannbehandlingsanlegget og ut på nettet: 9,7 mill m^3 pr. år
- Drikkevann som kommer fram til forbruker/abonnent: 5,5 mill m^3 pr. år
- Avløpsvann som kommer til avløpsrensaneanlegget: 14,5 mill m^3 pr. år

Forklar, gjerne med en skisse, hvorfor mengdene ikke er de samme og hvor vannet som går ut og inn i ledningene kommer fra.

Oppgave 3 - RENOVASJON

- a) Hva menes med husholdningsavfall og næringsavfall?

Beskriv noen forskjeller mellom disse to avfallsgruppene her i Norge ut fra opprinnelse, mengder, ansvar for innsamling og avfallsfraksjoner.

- b) Slam er et restprodukt fra avløpsrensaneanlegget.

Beskriv hvordan slammet behandles og brukes slik at ressursene kan utnyttes på en best mulig måte.

FORMELARK 1 – Vann og miljøteknikk 2012

(ikke alle formlene er nødvendige å bruke i eksamensbesvarelsen)

VANNFORBRUK

Variasjonsfaktorer vannforbruk:
 f er døgnfaktor, Q_d er døgnforbruk
 k er timefaktor, Q_h er timeforbruk

$$f_{maks} = \frac{Q_{d maks}}{Q_{d midlere}}$$

$$f_{min} = \frac{Q_{d min}}{Q_{d midlere}}$$

$$k_{maks} = \frac{Q_{h maks}}{Q_{h midlere}}$$

$$k_{min} = \frac{Q_{h min}}{Q_{h midlere}}$$

HYDRAULIKK Bernoullis likning

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta h_{tap}$$

- z_1 er kotøyden i pkt 1, z_2 i pkt 2
- Kaller trykkehøyden $\frac{p_1}{\gamma} = h_1$ og $\frac{p_2}{\gamma} = h_2$
- Hastighetshøydene i pkt 1 (og 2 er ganske like (og svært liten her)
- Δh_{tap} er trykktapet fra 1 til 2
- Likningen kan derfor forenkles slik:

$$z_1 + h_1 = z_2 + h_2 + \Delta h_{tap}$$

Kontinuitetslikningen:

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = \text{Vannføring (m}^3 \text{ / sek)}$$

$$V = \text{Vannhastighet (m / sek)}$$

$$A = \text{Tverrsnittsareal (m}^2\text{)}$$

Darcy Weissbachs formel:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Her er: h_f = falltap i m
 L = ledningslengde i m
 D = ledningsdiameter i m
 v = vannhastigheten i m/s
 g = gravitasjonskonstanten m/s²
 f = friksjonskoeffisienten

Kombinasjon av Kontinuitetslikningen og Darcy Weissbachs formel for å finne diameter

$$D^5 = \frac{f \cdot L \cdot Q^2 \cdot 8}{g \cdot \pi^2 \cdot h_f}$$

FORMELARK 2 – Vann og miljøteknikk 2012

(ikke alle formlene er nødvendige å bruke i eksamensbesvarelsen)

AVLØPSMENGDER

Dimensjonerende avløpsmengder
spillvannsledninger

$$Q_{dim} = Q_{midl} + f_{maks} + k_{maks} + Q_{inf}$$

Q_{inf} = maksimal infiltrasjonsmengde

$$f_{maks} = \frac{Q_{maks\ d\ddot{o}gn}}{Q_{midl\ d\ddot{o}gn}}$$

$$k_{maks} = \frac{Q_{maks\ time}}{Q_{midlere\ time}}$$

fellesledninger

$$Q_{dim} = Q_{midl} + f_{maks} + k_{maks} + Q_{inf} + Q_o$$

Q_o = overvannsmengde

Spesifikt vannforbruk måles ofte i l/p*d

- q_p = spesifikt privat forbruk
- q_T = spesifikt totalforbruk

Hvis Q_T er totalforbruket for et år målt i m³/år. Da er midlere spesifikk forbruk q_T (med enhet l/p * d)

$$q_T = \frac{Q_T \cdot 10^3}{365 \cdot p}$$

Beregning av overvannsmengde

Rasjonelle formel $Q = \phi A I$

Q = Avrent vannføring fra bydelen i liter pr. sekund. (liter / s)

ϕ = Forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og total nedbørmengde.

A = Området innenfor vannskillene rundt feltet i ha.

I = Nedbørintensitet i liter pr. sekund og ha (l/s ha).

Konsentrasjonstid

t_k er konsentrasjonstiden er tiden en regndråpe bruker fra den faller helt i ytterkant av feltet til den når frem til utløpet av feltet.

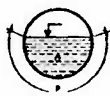
$$t_k = t_s + t_r \text{ der}$$

- t_s er strømningstid på overflaten frem til et sluk
- t_r er strømningstiden i rørene

SELVRENSING

Hydraulisk radius

$$R = \frac{A}{P}$$



A = "Vått" areal av tverrsnittet

P = "Lengden av den "våte" periferien i tverrsnittet

$$\text{For et fylt rør: } R = \frac{A}{P} = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}{\pi \cdot D} = \frac{D}{4}$$

Jevnt fordelt skjærspenning:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot I$$

τ_0 = jevnt fordelt skjærspenning i N/m²

γ = vannets spesifikke vekt i N/m³

$$\gamma = \rho \cdot g = 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \approx 10^4 \text{ N/m}^3$$

$R = A/P$ = hydraulisk radius i m

$I = \sin \alpha$ = helning i m/m

(Vi forutsetter at helningsvinkelen α er såvidt liten at vi kan sette $\sin \alpha = I$, dvs. hellingen på bunnen.)

Gjennomsnittlig skjærspenning for fylte rør

$$\tau_{fyllt} = \gamma \cdot \frac{D}{4} \cdot I$$

Maksimal skjærspenning:

$$\tau_{maks} = 4 \cdot \frac{h}{D} \cdot \left(1 - \frac{h}{D}\right) \cdot \gamma \cdot \frac{D}{4} \cdot I$$

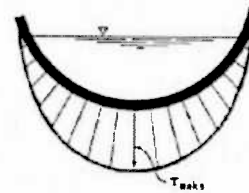


Fig. 5.5. Skjærspenningen varierer langs den våte periferi.

OVERLØP

Kritisk overløp



$$\text{Vannføring til overløpet: } Q_T = Q_s + Q_{inf} + Q_o$$

Overvannsmengden Q_o er kritisk:

$$Q_o = \phi \cdot A \cdot i \quad (\text{den rasjonelle formel})$$

(For enkelthets skyld benevnes: $\phi \cdot A = A_{red}$ redusert areal)

Når Q_T har nådd en bestemt grense trer overløpet i funksjon.

Denne vannføringen kalles kritisk vannføring Q_{TKr} :

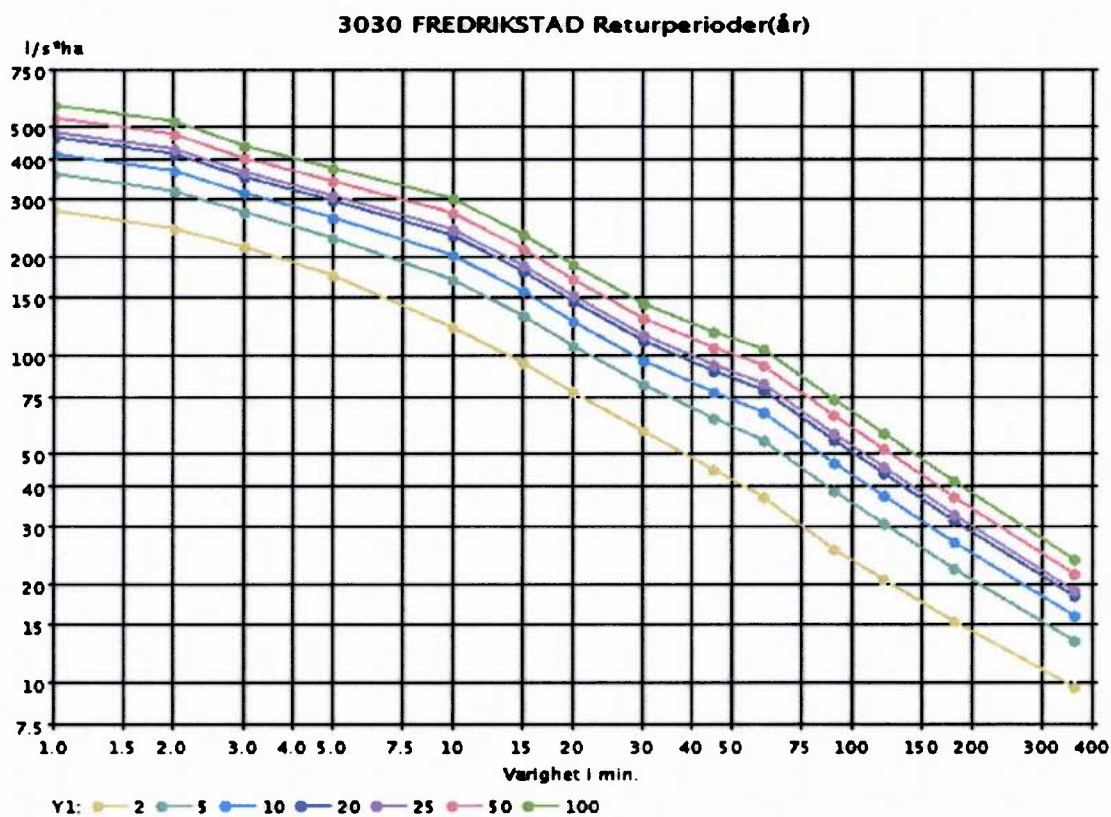
$$Q_{TKr} = Q_s + Q_{inf} + (A_{red} \cdot i_{kr})$$

i_{kr} er den kritiske regntensiteten målt i l/s*ha. Når $i > i_{kr}$ trer overløpet i funksjon

Overløpsinnstilling

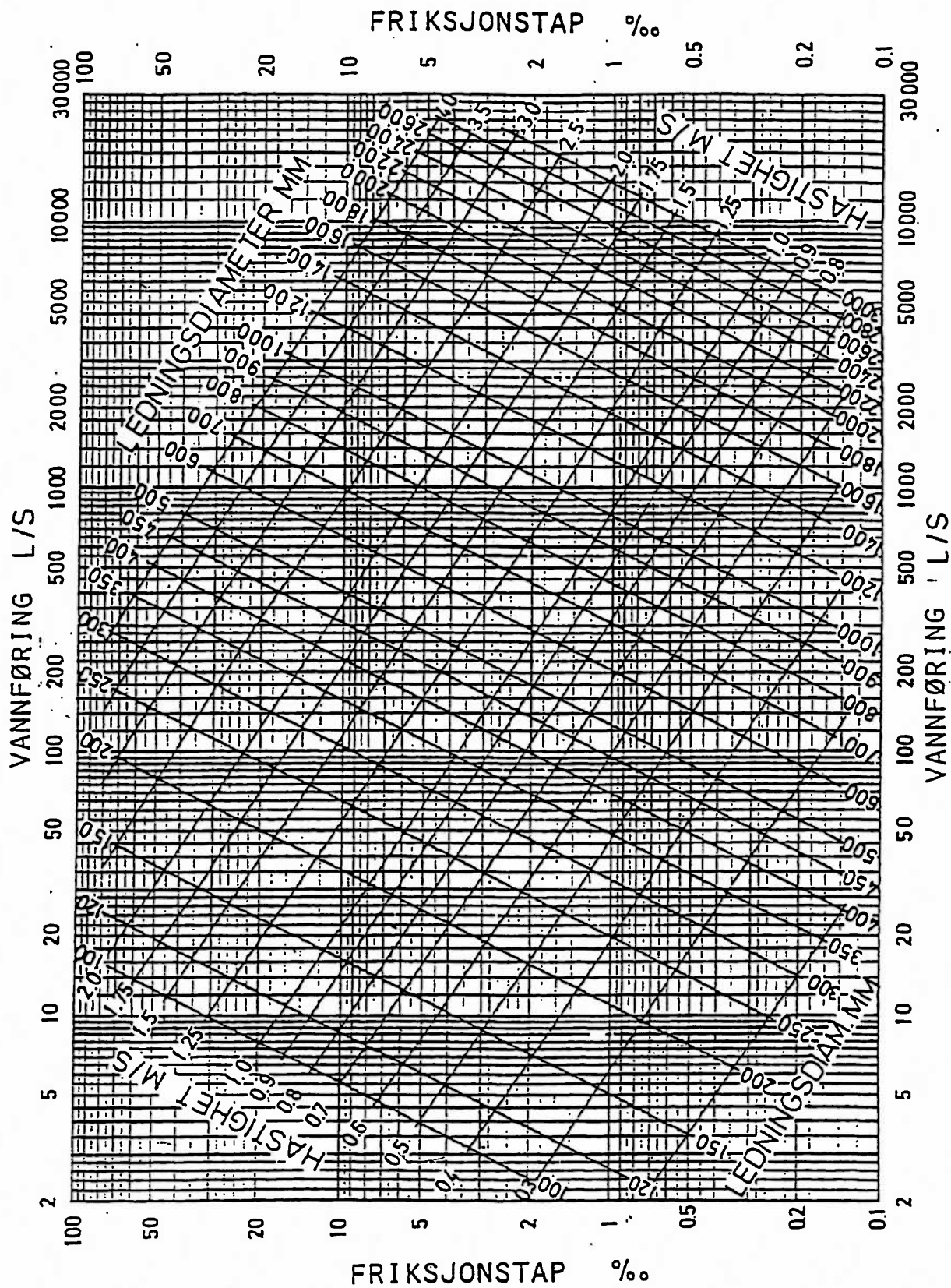
$$n = \frac{Q_{TKr}}{Q_s}$$

Nedbørsintensitetskurve for Fredrikstad:



Avrenningskoeffisienter:

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50



Trykktapsdiagram for fylte rørledninger etter Colebrooks formel med ruhet $k = 1,0 \text{ mm}$