

## EKSAMENSOPPGAVE

Fag: IRB36012 000 Vann- og miljøteknikk

Lærer: Geir Torgersen

<b>Grupper: Bygg</b>	<b>Dato: 17.12.15</b>	<b>Tid: 0900 - 1300</b>
<b>Antall oppgavesider: 6</b>	<b>Antall vedleggsider: 4</b>	
<b>Sensurfrist: 13.01.16</b>		
<b>Hjelpemidler: Utdelt lommekalkulator</b>		
<b>Merknad: Oppgave 1 og 2 teller 30 % hver. Oppgave 3 og 4 teller 20 % hver Aktuelle formler er vist i vedlegg 1 og 2.</b>		
<b>KANDIDATEN MÅ SELV KONTROLLERE AT OPPGAVESETTET ER FULLSTENDIG</b>		

### Oppgave 1 – VANN

- a) Hvor mye vann er det vanlig å bruke pr. dag for en person i Norge (til vask, kjøkken, toalett mv)?

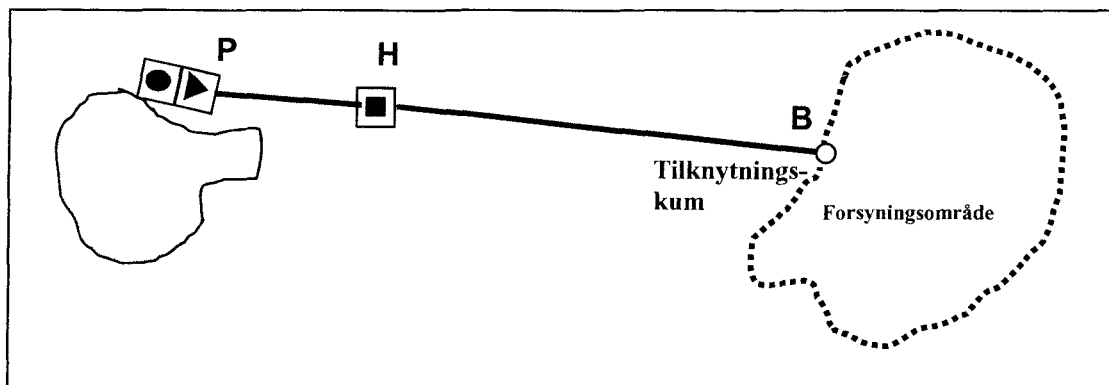
Det totale vannforbruket til en by kan betegnes  $Q_{total}$ , og i  $Q_{total}$  inngår mer enn bare vann til husholdningene hjemme. Forklar hvilke kategorier som må regnes med i  $Q_{total}$ .

Hva menes med maksimal timefaktor ( $k_{maks}$ )?

Vis med to skisser og forklar hvordan du vil tro at timefaktoren vil variere over et døgn på en vanlig hverdag (f.eks. i dag torsdag 17. desember 2015) hvis man måler vannforbruket i:

- 1) en vanlig norsk by med ca. 50 000 innbyggere
- 2) et nybygd lite boligfelt med ca. 50 personer

Figur 1 på neste side viser et hovedsystem for vannforsyning sett i plan. En pumpestasjon ved P løfter vannet fra vannkilden til høydebassenget H. Tappeledningen går videre fra H til pkt. B. I pkt. B er et tilknytningskum og derfra går vannforsyningen videre inn i forsyningsområdet til forbrukerne.



Figur 1:

Videre er det i tabell 1 gitt følgende informasjon om vannforsyningsystemet:

Nivå vannkilde og pumpestasjon (P)	120 moh.
Nivå høydebasseng (H) topp vannstand	140 moh
Høyde pkt. B	80 moh
Antall personer i forsyningsområdet	5 000 p
Spesifikt vannforbruk i forsyningsområdet (ikke inkludert lekkasjer)	250 l/p*d
Vannlekkasjer	150 l/p*d
Maks timefaktor vannforbruk $k_{maks}$	1,8
Maks døgnfaktor vannforbruk $f_{maks}$	1,6
$Q_{brannvann}$	20 l/s
Lengde P-H	700 m
Lengde H-B	2000 m
$f$ (friksjonskoeffisient) i ledningene	0,03

Tabell 1

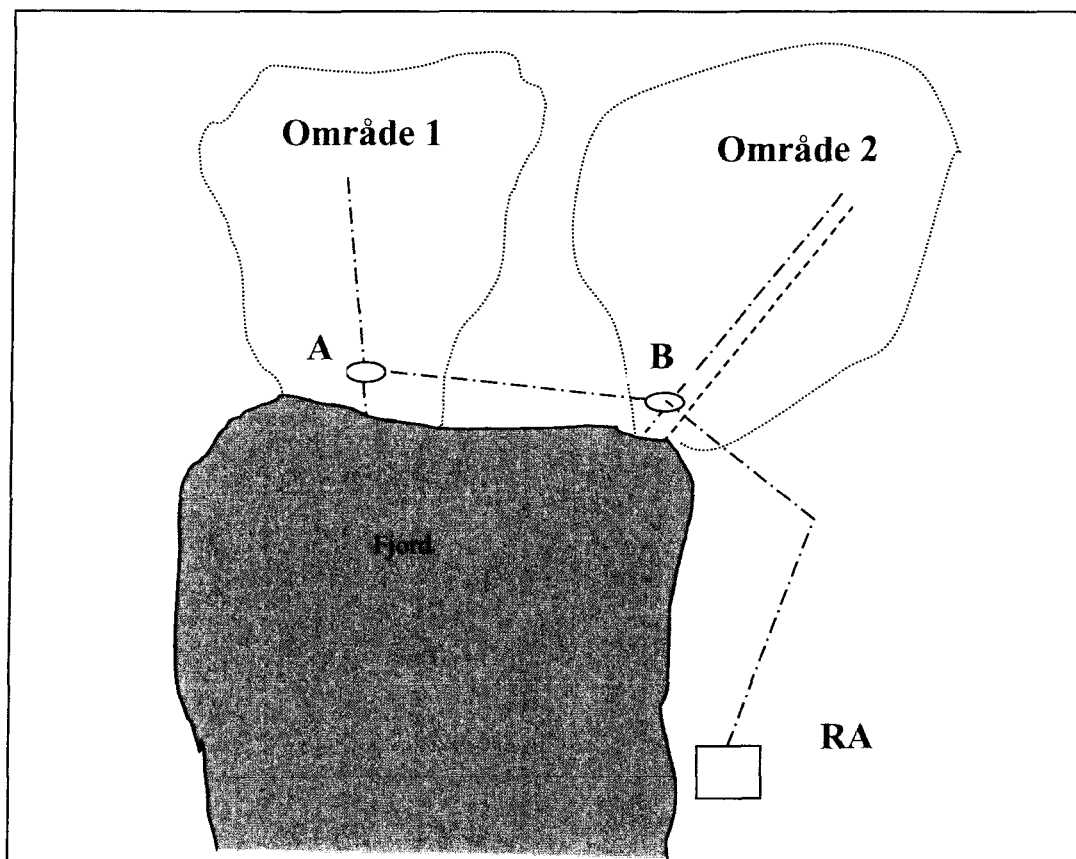
- b) Hva er gjennomsnittlig uttak fra vannkilden i løpet av et år?
- c) Overføringsledningen fra P til H i figur 1 er en duktil støpejernsledning. Diameteren ( $D_{innvendig}$ ) fra P til H er 200 mm. Bruk Darcy Weisbachs formel og finn hva løftehøyden må være ved pumpestasjonen P ved dimensjonerende vannmengde ( $Q_{dim}$ ) slik at vannet renner inn i bassenget ved H. Vi ser i denne oppgaven bort fra singulærtap.
- d) Det skal legges ny tappeledning fra H til B i figur 1 som skal erstatte den gamle. Trykket i pkt. B skal minst være 25 mVS. Bruk Darcy Weisbachs formel og finn hvilken dimensjon den nye ledningen må ha for å oppfylle kravet om minimum 25 mVS i pkt. B ved  $Q_{dim}$  for tappeledningen.

Den nye ledningen skal også være i duktilt støpejern, og du kan velge mellom følgende standard dimensjoner (innvendig diameter):

100mm, 125 mm, 150 mm, 200 mm, 250mm, 300 mm, 350 mm, 400 mm.

## Oppgave 2 AVLØP

Figur 2 viser to boligområder i nærheten av Oslo. Begge områdene er fullt utbygd. Begge områdene skal nå legge ned hvert sitt gamle renseanlegg (ikke vist på figuren). Det skal i stedet bygges et nytt felles renseanlegg for de to områdene lengre unna (merket RA). I område 1 er det fellessystem og i område 2 er det separatsystem.



Figur 2

Du kan i denne oppgaven velge blant følgende nøkkeltall for områdene som er vist i figur 2 (ikke alle nøkkeltallene i tabell 2 trengs for å løse denne oppgaven):

	Enhet	Område 1	Område 2
Antall personer	p	1900	3200
Spesifikk midlere spillvannsmengde ( $q_s$ )	$l/p \cdot d$	200	200
Areal	ha	16	18
Avrenningskoeffisient	$\phi$	0,5	0,5
Konsentrasjonstid	min	15	15
Gjentaksintervall	år	20	20

Tabell 2

- a) Område 1 har fellessystem. Hvilke ulemper medfører det sammenlignet med område 2 som har separatsystem?

Det er i de nærmeste årene ikke planlagt separatsystem i område 1. Nevn noen lokale overvannstiltak som er aktuelle i område 1 og forklar hvorfor de kan redusere ulempene du nevnte ovenfor.

IVF-kurver for området er vist i vedlegg 3. Vi forutsetter at Imhoffs setning gjelder for feltene. Det skal brukes betong for alle ledninger, og ruheten er  $k=1,0$  mm. Colebrooks diagram for denne ledningsruheten er vist i vedlegg 4.

- b) Overvannsledningen helt nederst i område 2 føres rett ut i fjorden. Hva er dimensjonerende overvannsmengde for denne ledningen?

Hvis ledningen nederst i område 2 ligger med et fall på 4 ‰, hvilken dimensjon bør denne ledningen ha? (Den finnes i dimensjoner fra 100, 200, 300 mm osv. opp til 2000 mm)

- c) Ledningen fra pkt. B til RA skal videreføre 10 ganger midlere spillvannsmengde fra områdene 1 og 2. Ledningen legges med et fall på 6 ‰ fra B til RA. Bruk Colebrooks diagram. Beregn dimensjonerende vannmengde for ledningen B-RA.

Hvilken dimensjon får denne ledningen? (Den finnes i dimensjoner fra 100, 200, 300 mm osv. opp til 2000 mm)

- d) Det skal som nevnt brukes betongrør på avløpsledningen fra A til B og fra B til RA.

Hvilke andre materialer hadde vært aktuelle å bruke her?

Beskriv fordeler og ulemper med å bruke betong i forhold til andre aktuelle materialer på denne strekningen.

### Oppgave 3 VANN OG AVLØP

- a) Tegn en skisse som viser tverrsnitt av en typisk ledningsgrøft i et boligfelt med vannledning og separatsystem for avløp. Ledningene skal ligge i tre forskjellige høyder.

Forklar ut fra skissen hvordan de ulike ledningene bør plasseres i forhold til hverandre og begrunn hvorfor det er hensiktsmessig å plassere ledningene slik.

- b) NoDig-metoder er en fellesbetegnelse på teknikk benyttet i VA-faget, såkalte gravefrie metoder. Metodene klassifiseres ofte i tre grupper:

- Strukturelle
- Semistrukturelle
- Ikke-strukturelle metoder.

Beskriv minst en konkret metode (hvilken teknikk som benyttes i utførelsen) for hver av de prinsipielle metodene (en strukturell metode, en semistrukturell metode og en ikke-strukturelle metode).



Figur 3 – Utsnitt av ledningskart i målestokk 1: 1000

På figur 3 ser du et utsnitt av et digitalt ledningskart for et boligområde. Rørene i området er lagt på slutten av 1940-tallet.

Hva menes med AF230BET som står på den ene avløpsledningen på figur 3?

Hvordan kan man kontrollere tilstanden på avløpsledningen mellom kum 6594 og 6596? Beskriv noen skadeårsaker/driftsproblemer man finne ved en slik tilstandskontroll og som kan føre til at man må gjøre tiltak.

Hvis avløpsledningen mellom kum 6594 og 6596 på figur 3 er helt ødelagt og må byttes ut, kan man bruke NoDig eller tradisjonell oppgraving. En studentoppgave ved HiØ for noen år siden konkluderte med at det lønner seg å bruke tradisjonell oppgraving i områder som dette dersom ledningen skal byttes ut. Hvilke argumenter taler for og mot å bruke tradisjonell oppgraving framfor NoDig her?

- c) En innsjø skal brukes til vannforsyning i et tettsted på Østlandet. Råvannet har dårlig kvalitet med blant annet lav pH, høyt humusinnhold og av og til er det målt koliforme bakterier. Det må bygges et omfattende vannbehandlingsanlegg, såkalt fullrensing.

Lag en skisse (flytskjema) som viser følgende behandlingstrinn i rett rekkefølge gjennom vannbehandlingsanlegget: *koagulering – sedimentering – desinfisering – filtrering – siling – alkalisering – flokkulering.*

Beskriv kort hva som skjer i hvert av trinnene i behandlingsanlegget.

Hvilke verdier for vannkvalitet kan man forvente å få på rentvannet etter anlegget for henholdsvis pH, fargetall og koliforme bakterier?

#### Oppgave 4 RENOVASJON

- a) Avfallshierarkiet (avfallspyramiden) illustreres ofte som en pyramide med den spisse enden pekende nedover. Denne figuren illustrerer både Norge og EUs prioriteringer innen avfallsområdet slik at minst mulig avfall skal gå til deponi. Lag en skisse og forklar prinsippene i avfallshierarkiet.
- b) Matavfall kan behandles på flere måter. Beskriv mulige måter som matavfall kan behandles på, og hva som er fordeler og ulemper med disse metodene.
- c) Beskriv forskjellen mellom husholdningsavfall og næringsavfall med hensyn på følgende:
- hvordan de har oppstått
  - avfallsfraksjoner
  - mengder av avfallet
- d) Hva innebærer kravet om avfallsplan for bygge- og anleggsnæringen?

Bortsett fra at det er et krav, hvorfor er det fornuftig å lage en slik plan?

Ved rivning og rehabiliteringsarbeider skal det lages en miljøsaneringsplan/ miljøsaneringsbeskrivelse. Hva innebærer det?

## FORMELARK 1 – IRB 36012 Vann- og miljøteknikk

(Ikke alle formlene er nødvendige å bruke i eksamensbesvarelsen)

### VANNFORBRUK

Ved beregning av vannverkets **totale vannforbruk** (ofte målt i m<sup>3</sup>/år):

- $Q_p$  = privat forbruk
- $Q_i$  = industriforbruk
- $Q_o$  = offentlig forbruk
- $Q_t$  = tap og sløsing (lekkasjer)

Totalt vannforbruk,  $Q_T = Q_p + Q_i + Q_o + Q_t$

**Spesifikt vannforbruk** måles ofte i l/p\*d

- $q_p$  = spesifikt privat forbruk
- $q_T$  = spesifikt totalforbruk

*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

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

I praktiske problemstillinger innen vannforsyningen kan likningen forenkles til:

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

Der:

$z_1$  er kotehøyden i pkt 1,  $z_2$  i pkt 2

$h_1$  er trykkehøyden i pkt 1,  $h_2$  i pkt 2

$\Delta h_{tap}$  er trykktapet fra 1 til 2

Kontinuitetslikningen:

$$Q = V \cdot A$$

$Q$  = Vannføring (m<sup>3</sup> / sek)

$V$  = Vannhastighet (m / sek)

$A$  = Tverrsnittsareal (m<sup>2</sup>)

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/s<sup>2</sup>

$f$  = 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 – IRB 36012 Vann- og miljøteknikk

(Ikke alle formlene er nødvendige å bruke i eksamensbesvarelsen)

### AVLØPSMENGDER

#### Dimensjonerende avløpsmengder

spillvannsledninger

$$\bullet Q_{\text{dim}} = Q_{\text{midl}} \cdot f_{\text{maks}} \cdot k_{\text{maks}} + Q_{\text{inf}}$$

$Q_{\text{inf}}$  = maksimal infiltrasjonsmengde

$$f_{\text{maks}} = Q_{\text{maks degn}} / Q_{\text{midl degn}}$$

$$k_{\text{maks}} = Q_{\text{maks time}} / Q_{\text{midlere time}}$$

fellesledninger

$$\bullet Q_{\text{dim}} = Q_{\text{midl}} \cdot f_{\text{maks}} \cdot k_{\text{maks}} + Q_{\text{inf}} + Q_o$$

$Q_o$  = 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 m<sup>3</sup>/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  $Q = \phi \cdot A \cdot I$**

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

$\phi$  = 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.

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

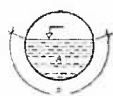
–  $t_s$  er strømningstid på overflaten frem til et sluk

–  $t_r$  er strømningstiden i rorene

### SELVRENSING

#### Hydraulisk radius

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



$A$  = "Vatt" areal av tverrsnittet

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

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

Jevnt fordelt skjærspenning:

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

$\tau_0$  = jevnt fordelt skjærspenning i N/m<sup>2</sup>

$\gamma$  = vannets spesifikke vekt (N/m<sup>3</sup>)

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

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

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

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

Gjennomsnittlig skjærspenning for fylte rør

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

Maksimal skjærspenning:

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

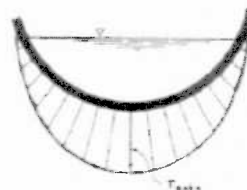


Fig. 5.5. Skjærspenningen varierer langs den våte periferi.

### OVERLØP

#### Kritisk overløp



Vannføring til overløpet:

$$Q_T = Q_S + Q_{\text{inf}} + Q_o$$

Overvannsmengden  $Q_o$  er kritisk:

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

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

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

Denne vannføringen kalles kritisk vannføring  $Q_{Tkr}$ :

$$Q_{Tkr} = Q_S + Q_{\text{inf}} + (A_{\text{red}} \cdot i_{kr})$$

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

### Overløpsinnstilling

$$n = \frac{Q_{Tkr}}{Q_S}$$

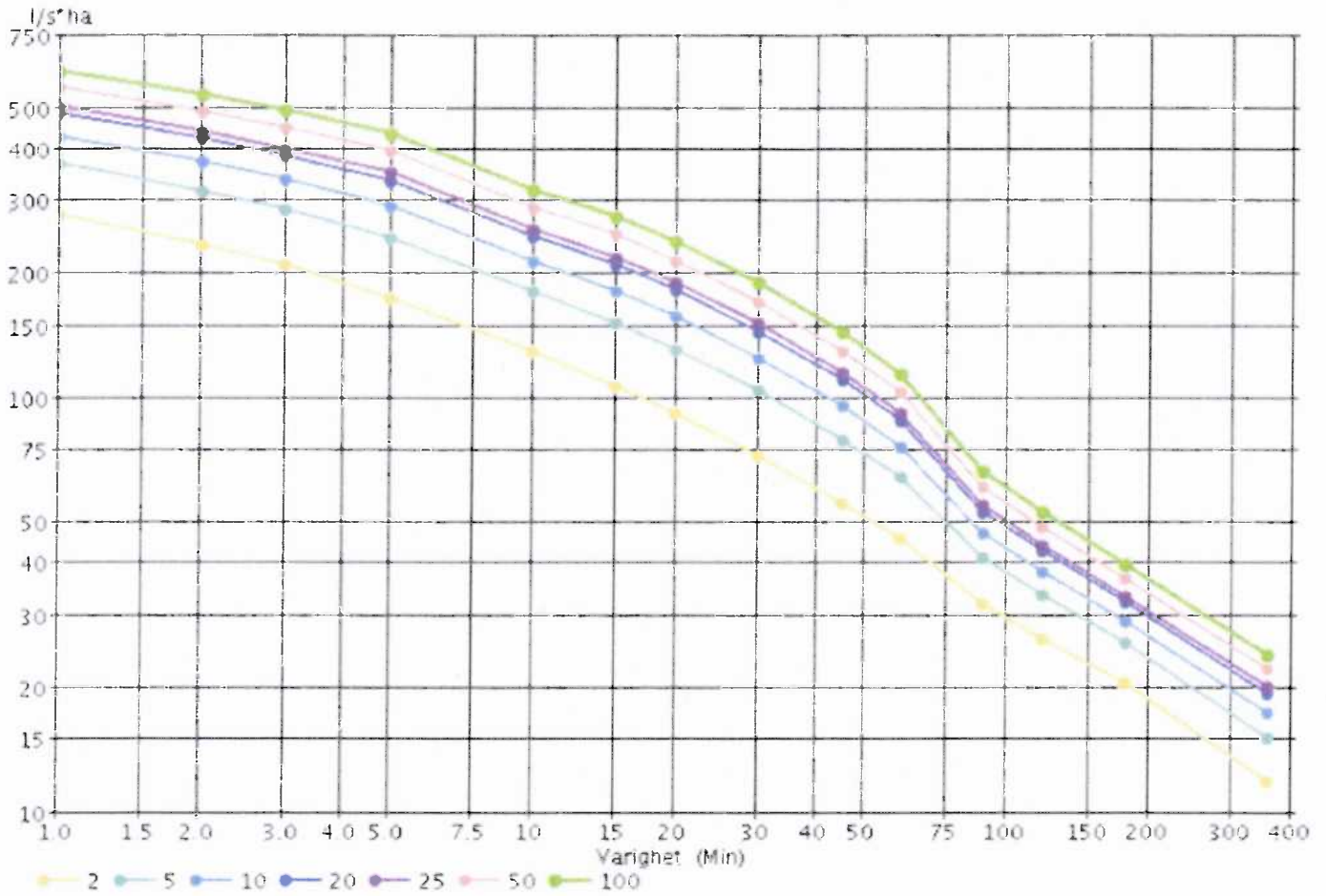


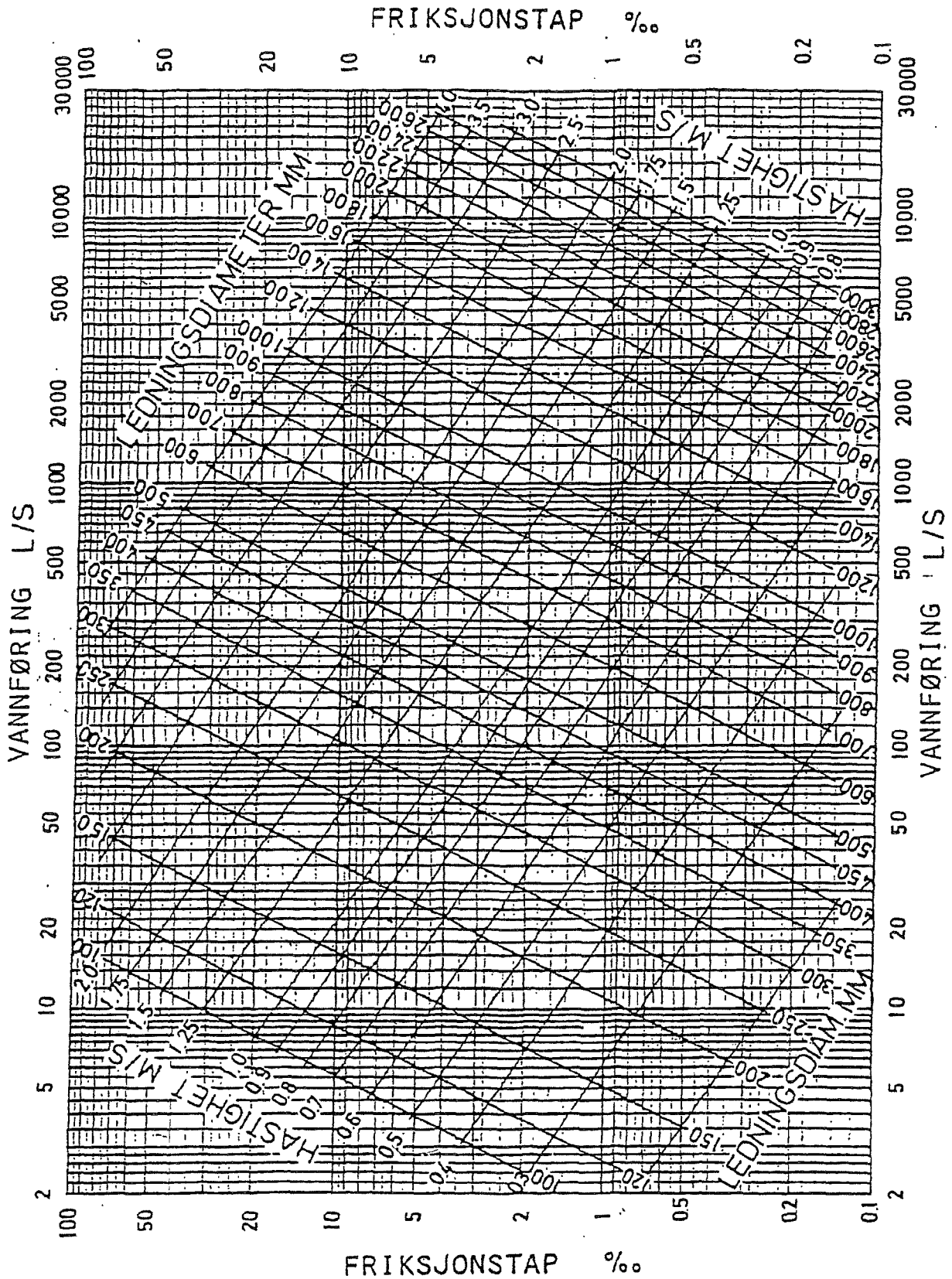
### IVF kurve for Blindern

Periode: 1968-2008

Intensitet

18701 OSLO - BLINDERN PLU Returperiode(år)





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