

EKSAMEN

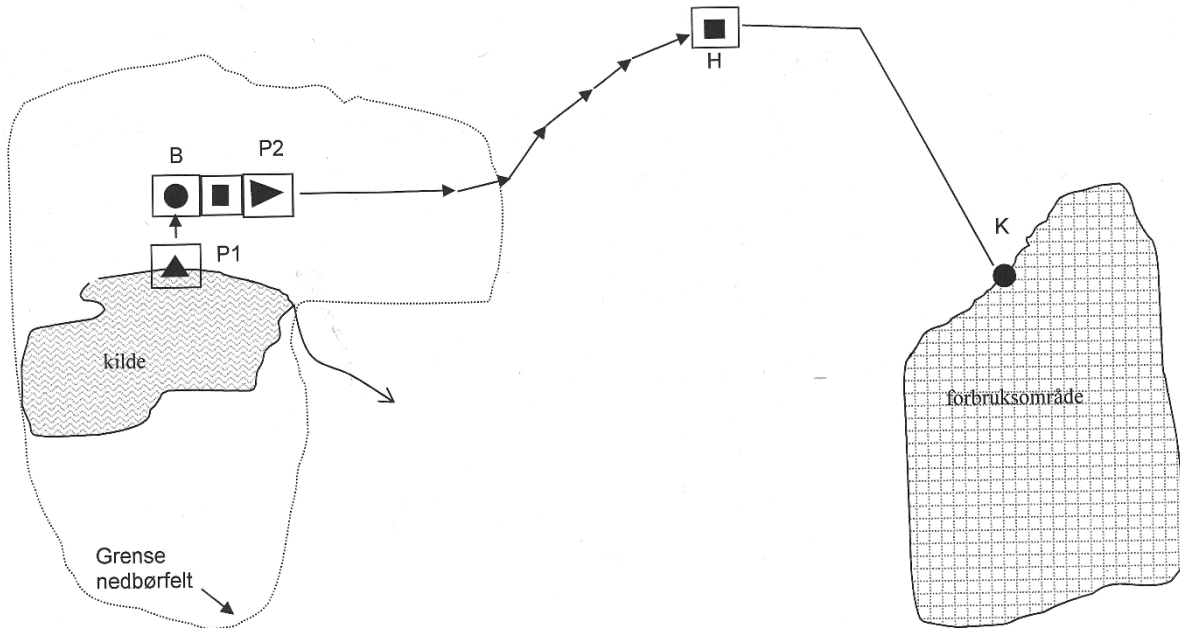
Emnekode: IRB360118	Emnenavn: Vann- og miljøteknikk
Dato: 17.12.2018 Sensurfrist: 07.01.2018	Eksamenstid: 3 timer
Antall oppgavesider: 4 (inkl. forside). Antall vedleggsider: 6	Faglærer: Torbjørn Friborg Oppgaven er kontrollert: Geir Torgersen
Hjelpemidler: Utdelt kalkulator	
Om eksamensoppgaven: Antagelser og valg du gjør skal begrunnes. Les gjennom hele oppgavesettet før du begynner. Planlegg tiden din godt, så du ikke bruker all tid på én oppgave.	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	



Oppgave 1 (35 %) – Drikkevannsforsyning

Figuren viser et vannforsyningssystem med Kilde (K), pumpe (P1), vannbehandlingsanlegg (B), pumpe (P2), overføringsledninger, høydebasseng (H) og forbruksområde (K). Vedlegg 1 viser lengdeprofilen med koter og lengdedata.

I forbruksområdet bor det 10 000 personer samt industri som bruker vann tilsvarende 2000 pe. Spesifikt personforbruk er 150 l/pe*d, og spesifikt lekkasjeforbruk er 100 l/pe*d. Maks døgnfaktor for hele forbruksområdet er målt til 1,6 og maks timefaktor er målt til 2,2. Krav til brannvann er 50 l/s. Trykket ved inngangen til forbruksområdet (punkt K) skal aldri være lavere enn 40 mVs.



- Hva er dimensjonerende vannføring i ledningen fra høydebassenget ned til forbruksområdet? Hvor mye vann produserer vannbehandlingsanlegget i løpet av ett år (se bort fra brannvann)?
- Hvilken dimensjon må ledningen fra høydebassenget ned til forbruksområdet ha? Velg fra tabellen under, anta friksjonsfaktor i røret $f = 0,02$. Tegn inn trykklinjen fra høydebassenget til forbruksområdet ved valgt dimensjon på en skisse.

Tilgjengelige rør: PE SDR17

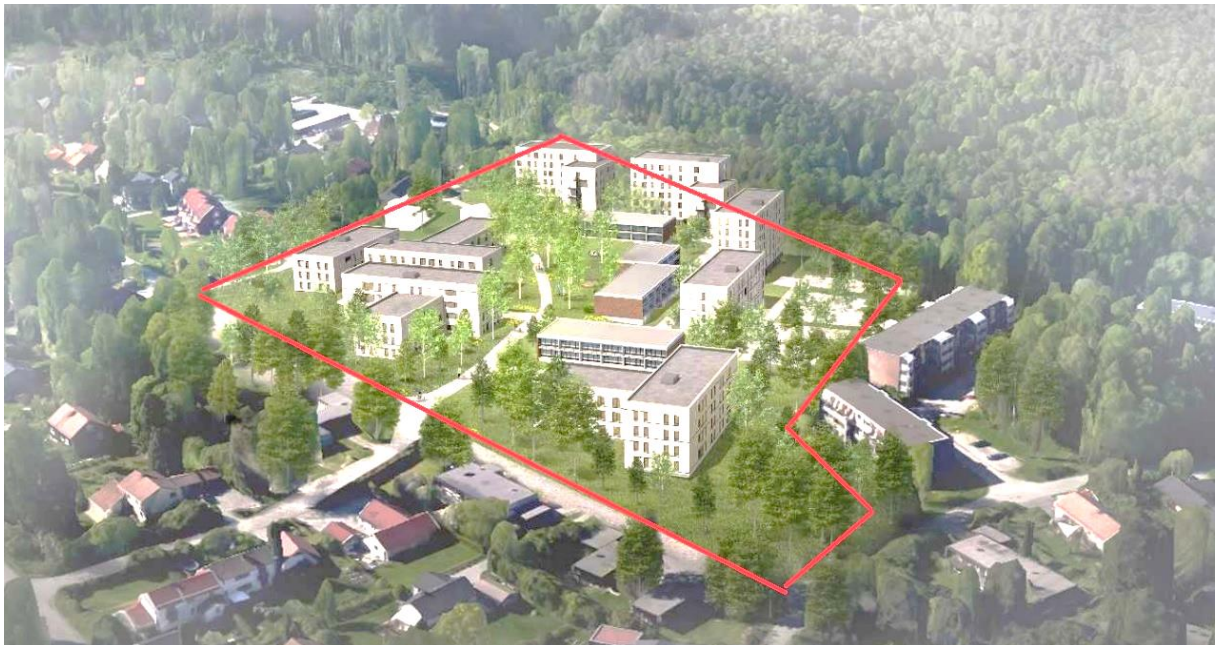
Ytre diameter (mm)	Veggtykkelse (mm)
160	9,5
180	10,7
250	14,8
315	18,7
360	21,1
400	24,7
450	26,7
500	29,7

- c) I kilden står en pumpe P1 som pumper direkte opp i vannbehandlingsanlegget B. Se vedlegg 1. Anta at det er 1 mVs trykktap i ledningen mellom kilden og vannbehandlingsanlegget uavhengig av vannføring. Pumpekurven for pumpa er vist i vedlegg 2. Hvor mye vann kan pumpa levere? Vil du si at pumpa kan levere tilstrekkelig mengde vann til vannbehandlingsanlegget, eller det behov for mer pumpekapasitet?
- d) På ledningsnett for drikkevann finnes det mange typer utstyr. Forklar formålet med og hvor følgende utstyr normalt plasseres. Du trenger ikke beskrive virkemåte.
- Lufteventil
 - Trykkreduksjonsventil
 - Brannventil
 - Vannmålere

Oppgave 2 (20 %) – Overvann

Du skal prosjektere overvannsløsninger for nye boligblokker (figuren under, markert med rødt). Anta en konsentrasjonstid på 10 minutter. Benytt vedlegg 3 til å finne resten av informasjonen du trenger. Fra landskapsarkitekten får du oppgitt følgende arealer på tomten:

Arealtype	Størrelse (ha)
Bygninger	0,5
Grusdekke (p-plass)	0,3
Asfaltert dekke	0,2
Plen/grønt-areal	2,2
SUM:	3,2



- a) Beregn maksimal avrenning fra dette feltet ved et fremtidig 25-årsregn. Du kan anta at regnintensiteten i fremtiden vil være 50 % høyere enn de verdiene du leser av i vedlegg 3.
- b) Forklar Tretrinnsstrategien for overvann, og for hvert av de tre trinnene skal du nevne to eksempler på løsninger som kan benyttes for å håndtere overvann i dette boligområdet (du skal ikke beskrive løsningene).
- c) Du vurderer å bygge en rektangulær kanal for en delstrøm av overvannet gjennom området. Du har fått lov av prosjektgruppen å lage en steinsatt kanal som er 50 cm bred, 20 cm dyp og ligger med fall 10 ‰. Hvor mye vann kan du transportere i denne kanalen når den er full? Se vedlegg 4 for ruheter ved ulike typer materialer.

Oppgave 3 (15 %) – Ledningsteknologi

- a) Gravefrie løsninger for ledningsfornyelse (no-dig) kan deles inn i tre kategorier:
 1. Strukturelle metoder
 2. Semi-strukturelle metoder
 3. Ikke-strukturelle metoder

Hva menes med de tre begrepene?

Beskriv kort én konkret no-dig-løsning for hver av de tre kategoriene.

- b) Forklar i hvilke situasjoner det kan vurderes å anlegge trykkavløp som et alternativ til vanlige selvfall-spillvannsledninger.

Oppgave 4 (30 %) – Renseprosesser og slambehandling

a) Lag en tabell som viser hva man ønsker å fjerne/rense fra

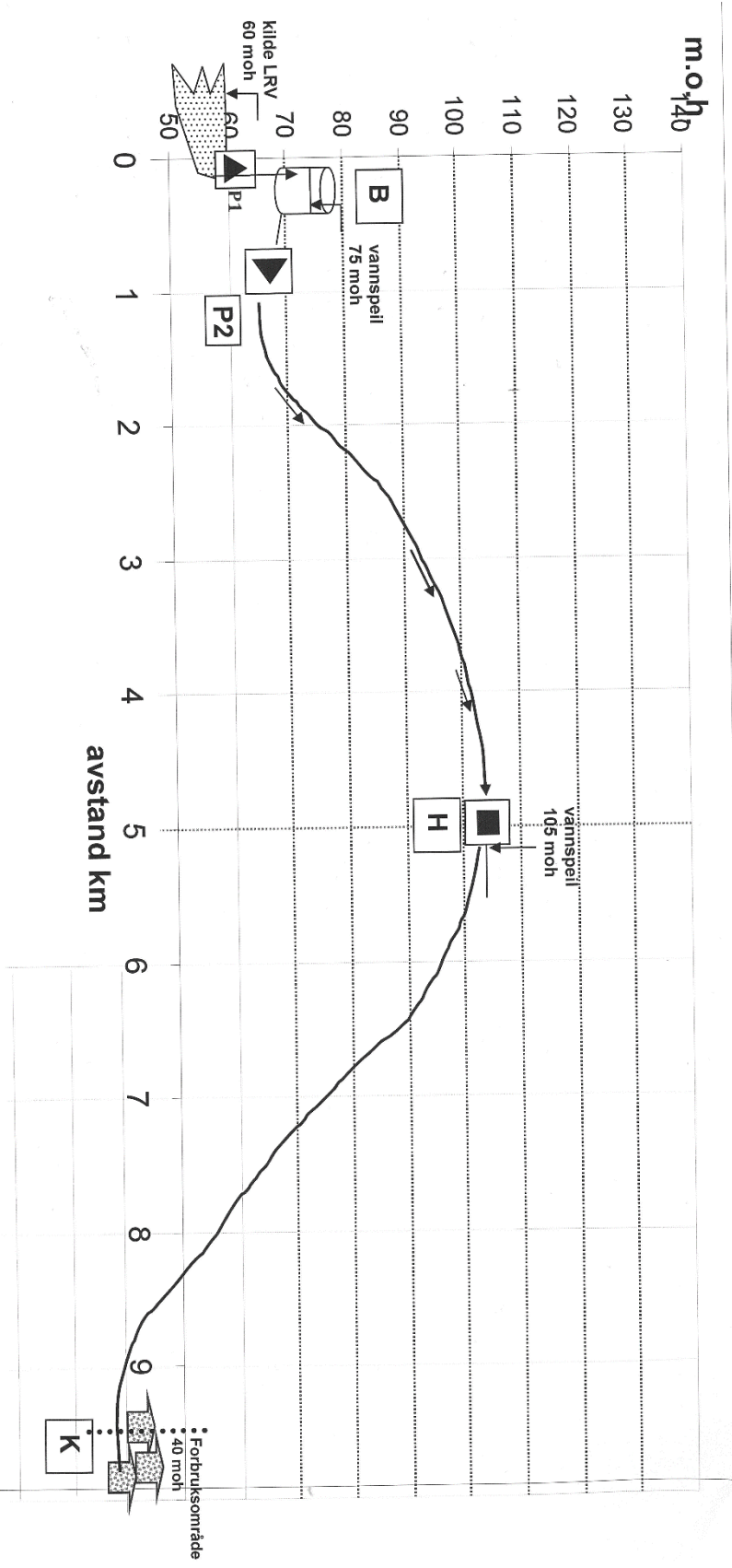
- 1) **Råvann** som skal bli drikkevann
- 2) **Avløpsvann** som skal til en resipient med fare for eutrofiering og lavt oksygenivå

Du trenger ikke forklare hvordan man behandler vannet for å fjerne dette.

b) Hvilke tre desinfeksjonsmetoder er mest aktuelle for drikkevannsbehandling? Hvilke fordeler og ulemper er det ved de tre desinfeksjonsmetodene?

c) Slam er et restprodukt fra avløpsrenseanlegget som inneholder mye ressurser, for eksempel næringsstoffer som kunne vært brukt i jordbruket. Hvorfor kan vi ikke benytte slam direkte som jordforbedring, og hvordan kan slam behandles for å kunne brukes til jordforbedring (forklar kort tre metoder)?

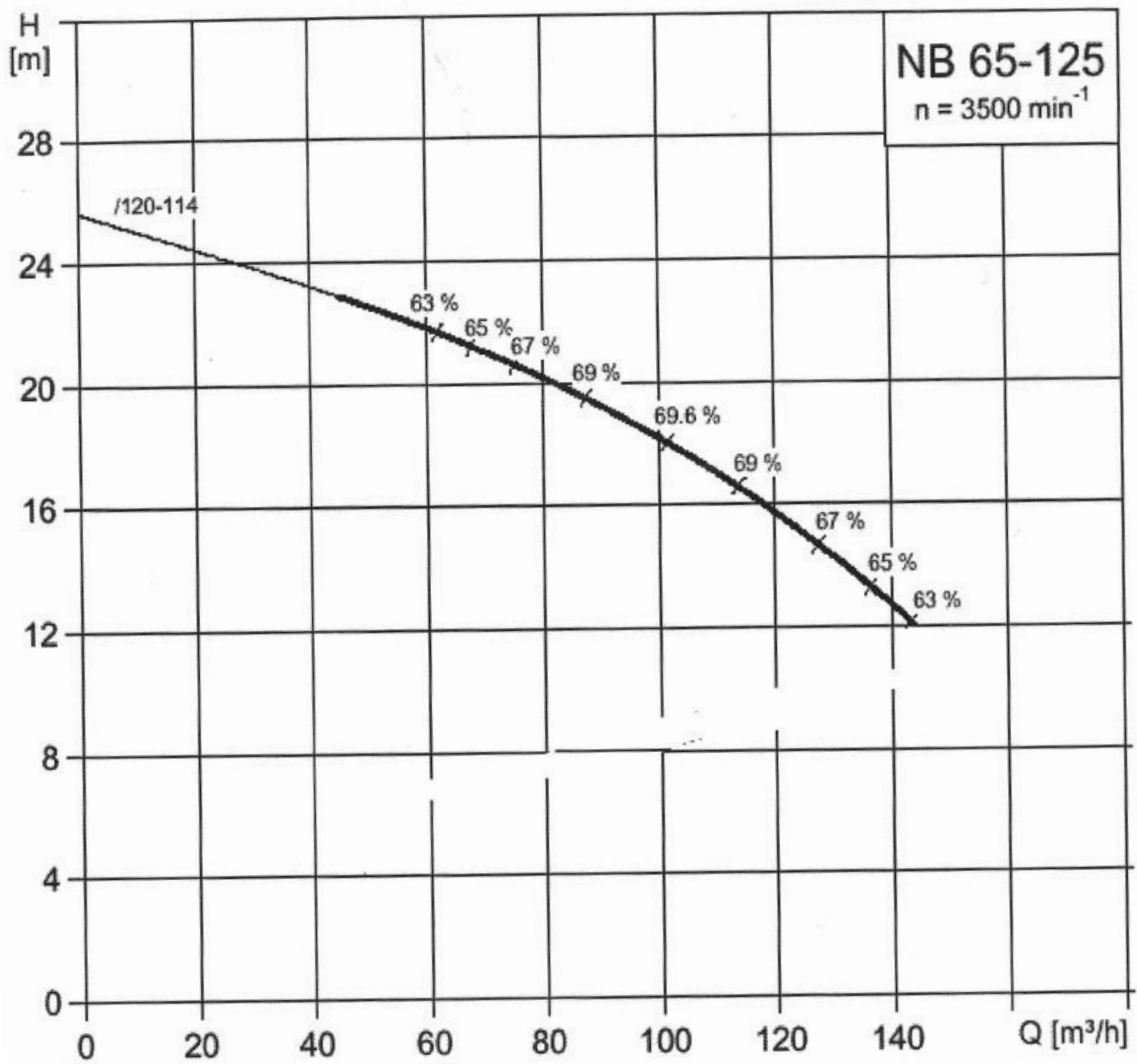
Vedlegg 1



Vedlegg 2

Pumpekurve for pumpe P1.

NB! Q er gitt i m³/h

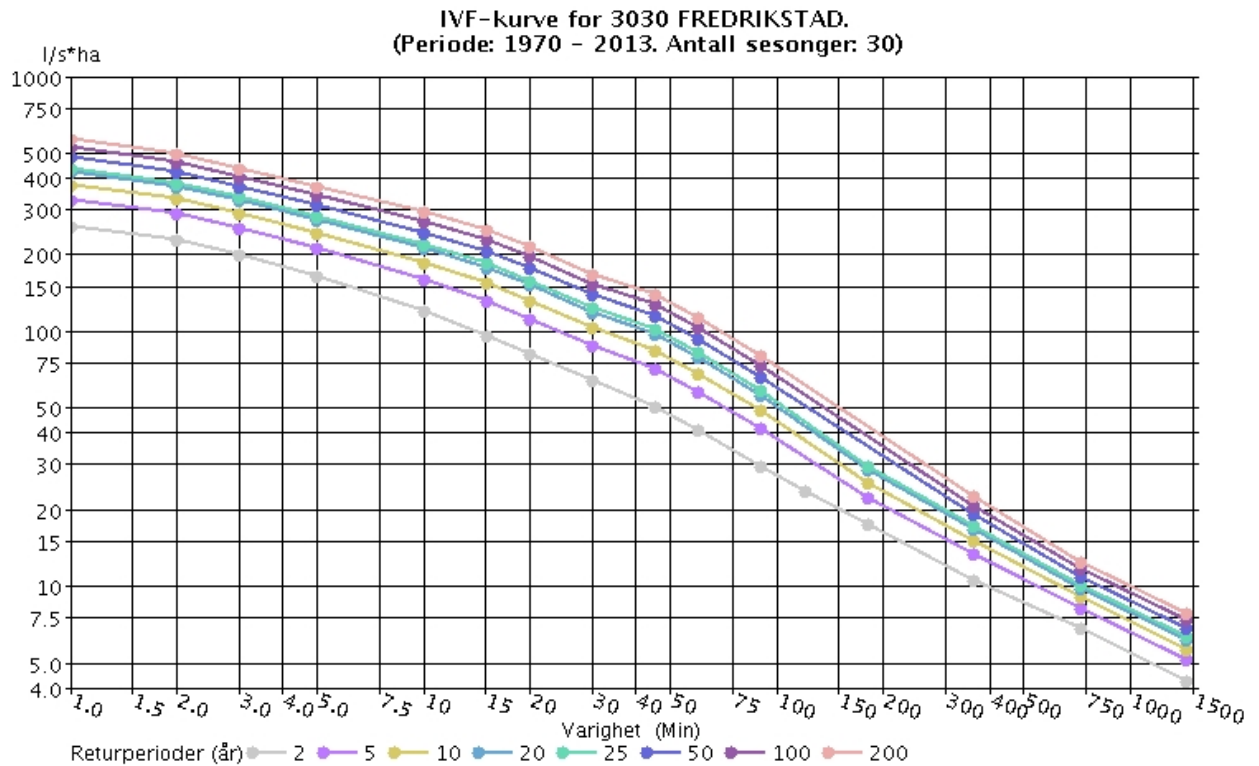


Vedlegg 3

Avrenningsfaktorer:

Type flater	\emptyset_{spiss}
Tak	0,8-0,9
Asfalterte veger og gater	0,7-0,8
Grusveger	0,4-0,6
Plen	0,05-0,1
Sammensatte flater:	
Bysentrum	0,7-0,9
Blokkbebyggelse	0,4-0,6
Rekkehusområder	0,3-0,4
Åpne eneboligstrøk	0,2-0,3

IVF-kurve for aktuelt tettsted:



Vedlegg 4

Manningstall i grøfter

Kledningsmateriale i grøft	Mannings tall, M $m^{1/3}/s$
Betongkledning	50 – 80
Asfaltert dekke	60 – 75
Steinsetting (jevnt utlagt)	30 – 60
Grus	30 – 50
Småstein	30 – 50
Jord uten vegetasjon	25 – 30
Jord med lett vegetasjon	20 – 30
Ujevn steinkledning	25 – 30
Jord med kraftig vegetasjon	15 – 25
Naturlig bekk og elv	5 – 40

Vedlegg 5 Formelark (2 sider)

Formler i vann og avløp. Ikke alle formlene er aktuelle for eksamensoppgavene

VANNFORBRUK

Ved beregning av vannverkets **totale vannforbruk** (ofte målt i m³/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

Kontinuitetslikningen:

Q = V * A, der hvor:

Q = Vannføring

V = Vannhastighet

A = Tverrsnittsareal

Bernoullis likning

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

I praktiske problemstillinger innen vannforsyningen kan likningen forenkles til:

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

Der:

z₁ er kotehøyden i pkt 1, z₂ i pkt 2

h₁ er trykkhøyden i pkt 1, h₂ i pkt 2

Δh_{tap} er trykktapet fra 1 til 2 = h_f

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:

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

Mannings formel:

$$v = M \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

v = vannhastighet i tverrsnittet (m/s)

M = Mannings tall for friksjonsforholdene langs veggene i tverrsnittet (dimensjonsløst)

R = hydraulisk radius (m)

I = fallet på kanalen (m/m)

AVLØPSMENGDER

Dimensjonerende avløpsmengder
spillvannsledninger

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

Q_{inf} = maksimal infiltrasjonsmengde
 $f_{\text{maks}} = Q_{\text{maks dogn}} / Q_{\text{midl dogn}}$
 $k_{\text{maks}} = Q_{\text{maks time}} / Q_{\text{midlere time}}$

fellesledninger

$$\bullet Q_{\text{dim}} = Q_{\text{midl}} * f_{\text{maks}} * k_{\text{maks}} + Q_{\text{inf}} + Q_0$$

Q_0 = overvannsmengde

Spesifikt vannforbruk måles ofte i $l/p \cdot d$

- q_p = spesifikt privat forbruk
- q_T = spesifikt totalforbruk

Hvis Q_T er totalforbruket for et år målt i $m^3/\text{år}$. Da er midlere spesifikke forbruk q_T (med enhet $l/p \cdot d$)

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

Beregning av overvannsmengde

$$Q = \varphi * A * I * KF$$

Der:

Q – avrenning (l/s)

φ – avrenningsfaktor

A – areal på området (ha)

I – regnintensitet ($l/s \cdot ha$)

KF – Klimafaktor

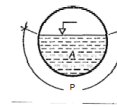
Beregning av gjennomsnittlig
avrenningsfaktor:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 * A_1 + \varphi_2 * A_2 + \dots + \varphi_n * A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

SELVRENSING

Hydraulisk radius

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



A = "Vått" areal av tverrsnittet

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

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

Jevnt fordelt skjærspenning:

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

τ_0 = jevnt fordelt skjærspenning i N/m^2

γ = vannets spesifikke vekt i N/m^3

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

$R = A/P$ = 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. helningen på bunnen.)

Gjennomsnittlig skjærspenning for fylte rør

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

Maksimal skjærspenning:

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

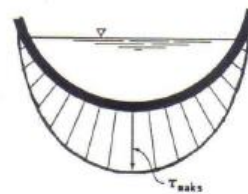


Fig. 5.5. Skjærspenningen varierer langs den våte periferi.