

SENSORVEILEDNING

Emnekode:	IRB360118
Emnenavn:	Vann- og miljøteknikk
Eksamensform:	Skriftlig
Dato:	17.12.2018
Faglærer:	Torbjørn Friborg
Eventuelt:	<p>Sensuren skal se etter hva kandidatene har vist av kompetanse snarere enn å trekke for mangler. Man vurderer hva kandidatene har fått til.</p> <p>Merk at løsningsforslaget ikke er fullstendig. Noen av svarene på teorispørsmålene er mer å oppfatte som en huskeliste, og bør være mer utdypet i en god besvarelse, mens andre svar er ganske omfattende, og tilsvarer en A. Der det er mulig er det forklart forventningen til en C.</p> <p>Under hver oppgave er det foreslått en vekting av deloppgavene.</p>



Oppgave 1 (35 %) – Drikkevannsforsyning

a) 25 %

Dimensjonerende vannføring fra høydebassenget til forbruksområdet er ved høyeste forbruk + brannvann. Siden variasjonen i vannforbruket er målt for hele forbruksområdet må vi ta hensyn til variasjon i både personforbruk og industri.

$$Q_{dim} = \frac{(10000 \text{ pe} + 2000 \text{ pe}) * 150 \frac{l}{pe * d} * 1,6 * 2,2 + 12000 \text{ pe} * 100 \frac{l}{pe * d} + 50 \frac{l}{s}}{24 \frac{t}{d} * 60 \frac{min}{t} * 60 \frac{s}{min}} = 137 \frac{l}{s}$$

Å glemme brannvann er alvorlig, men å ikke ta med industri-pe i beregning av lekkasjevann anses som en mindre feil.

Totalt vannforbruk over ett år:

$$Q_{total} = (10000 \text{ pe} + 2000 \text{ pe}) * 150 \frac{l}{pe * d} * 365 \frac{d}{\text{år}} + 12000 \text{ pe} * 100 \frac{l}{pe * d} * 365 \frac{d}{\text{år}} = 1.095.000 \frac{m^3}{\text{år}}$$

b) 25 %

Setter opp Bernoulli fra høydebassenget til forbruksområdet

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

$$h_1 = 0$$

$$\Delta h_{tap} = z_1 - z_2 - h_2$$

$$\Delta h_{tap} = 105 \text{ m} - 40 \text{ m} - 40 \text{ m} = 25 \text{ m}$$

Vi kan maksimalt tape 25 m vanntrykk.

Setter dette inn i formelen som gir oss diameter (fra formelsamling):

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

$$D = \sqrt[5]{\frac{8 * 0,02 * 4500 \text{ m} * \left(0,137 \frac{m^3}{s}\right)^2}{9,81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * 25 \text{ m}}} = 0,354 \text{ m}$$

Minste innvendig dimensjon er 354 mm. Sjekker innvendig dimensjon på rørene i tabellen:

Ytre diameter (mm)	Veggtykkelse (mm)	Innvending dimensjon (mm)
160	9,5	141
180	10,7	158,6
250	14,8	220,4
315	18,7	277,6
360	21,1	317,8
400	24,7	350,6
450	26,7	396,6
500	29,7	440,6

Velger et 450 mm rør som har innvendig dimensjon 396,6 mm.

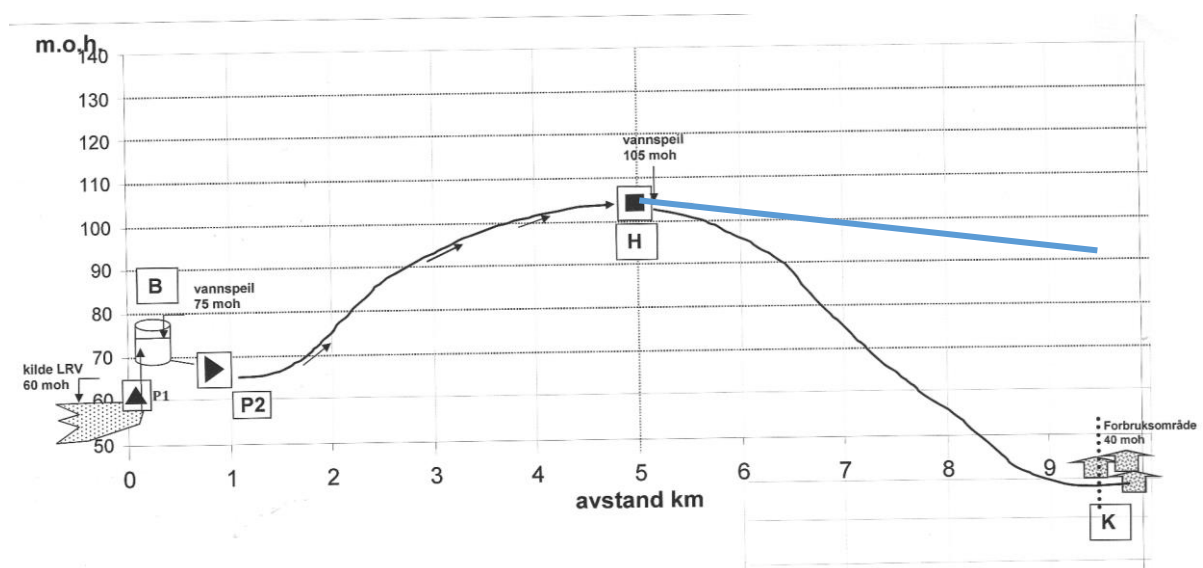
Regner ut virkelig trykktap i dimensjonerende situasjon. Stokker om på formelen over:

$$h_f = \frac{8 * 0,02 * 4500 \text{ m} * \left(0,137 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \pi^2 * (0,3966 \text{ mm})^5} = 14,2 \text{ m}$$

Bernoulli:

$$z_2 + h_2 = z_1 - \Delta h_{tap} = 105 \text{ m} - 40 \text{ m} - 14,2 \text{ m} = 90,8 \text{ m}$$

Dvs. trykklinja går fra 105 m i B til 90,8 i K. Antar jevnt trykktap underveis i ledningen (rett linje).



c) 25 %

Pumpa skal fysisk løfte vannet fra kote 60 m til et fritt vannspeil på 75 m, dvs. 15 meter.

I tillegg skal pumpa tilføre 1 mVs trykkenergi som tapes underveis pga. friksjon. Totalt må pumpa tilføre 16 mVs, verken mer eller mindre. Vi leser av grafen at vannføringen da blir ca. $118 \text{ m}^3/\text{h} = 32,7 \text{ l/s}$.

Siden vi vet at det er et høydebasseng mellom vannbehandlingsanlegget og forbruksområdet, kan vi anta at høydebassenget benyttes til å utjevne forbruksvariasjoner i løpet av ett døgn, og at brannvannskapiteten ligger her. Vannbehandlingsanlegget skal derfor bare produsere nok vann til det mest intensive døgnet.

Gjennomsnittlig forbruk i mest intensive døgn:

$$Q_{dim} = \frac{(10000 \text{ pe} + 2000 \text{ pe}) * 150 \frac{\text{l}}{\text{pe} * \text{d}} * 1,6 * + 12000 \text{ pe} * 100 \frac{\text{l}}{\text{pe} * \text{d}}}{24 \frac{\text{t}}{\text{d}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{t}} * 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} = 47 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Siden pumpa leverer mindre enn 47 l/s er det behov for mer pumpekapasitet.

d) 25 %. Ut i fra spørsmålsstillingen forventes det ikke at kandidaten gjør rede for funksjonsmåte.

Lufteventil:

Benyttes for å få ut luft som samler seg i drikkevannsledningen i høybrekk (toppunkter). Slike luftlommer er ugunstige fordi de medfører ekstra trykktap og kan forsterke trykkstøtene i ledningene. Denne luften slippes automatisk ut av lufteventiler. Settes på ledningsnett i kummer som utgjør en lokal topp i ledningsnett.

Trykkreduksjonsventil:

Trykkreduksjonsventilen reduserer vanntrykket man har foran ventilen til et forhåndsinnstilt lavere trykk etter ventilen. Trykket etter ventilen blir det samme selv om trykket foran ventilen varierer mye. Plasseres i overgangen fra en trykksone med høyt trykk til en sone med lavere trykk, eller mellom hovedledningen og enkelthus dersom det er for høyt trykk i hovedledningen.

Brannventil:

For uttak av vann til brannslukking. Benyttes i stedet for brannhydrant. Settes på armatur i kummer i bebygde områder. Brannvesenet kobler seg til ledningsnett med en brannstender, og får vann til brannbilen. Avstanden bestemmes gjerne av krav fra brannvesenet (minimumsavstand mellom bil og kum / angrepspunkt for brann og kum). Alle hus i området skal ha en brannventil innenfor en minimumsavstand. Det er ofte anlagt brannkummer for minst hver 100. meter i byer.

Vannmålere:

Det må være vannmålere på ledningen som viser både øyeblikkelig vannføring og vannmengder oppsummert over en gitt tid. Vannmålere gir informasjon om forbruk, som kan benyttes til planlegging av drift av vannbehandlingsanlegg eller mer langsiktige hovedplaner for ledningsnett. Vannmålere kan være plassert flere steder, for eksempel ved utløp fra kilder, høydebassenger og pumpestasjoner, samt ved større uttaksledninger og forgreninger. Dersom man har flere vannmålere ulike steder, kan man oppdage vannlekkasjer man ellers ikke hadde oppdaget. Dette kan skje hvis vannføringer og vannmengder som burde stemme overens, ikke gjør det.

Oppgave 2 (20 %) – Overvann

a) 40 %

Velger avrenningsfaktor basert på tabell, og regner ut gjennomsnitt. Her må det aksepteres at kandidaten har valgt andre avrenningsfaktorer (innenfor det som kan forventes ut fra tabellen i vedlegget), og dermed får en annen vannføring.

Arealtype	Størrelse (ha)	Avrenningsfaktor
Bygninger	0,5	0,9
Grusdekke (p-plass)	0,3	0,5
Asfaltert dekke	0,2	0,8
Plen/grønt-areal	2,2	0,1
SUM	3,2	

Vektet gjennomsnitt:

$$\bar{\varphi} = \frac{0,9 * 0,5 \text{ ha} + 0,5 * 0,3 \text{ ha} + 0,8 * 0,2 \text{ ha} + 0,1 * 2,2 \text{ ha}}{3,2 \text{ ha}} = 0,3$$

Antar (som vi alltid har gjort i kurset) at vi får størst vannføring ved et regn med toppintensitet tilsvarende konsentrasjonstiden til feltet. Leser av regnintensitet for et 25-årsregn med 10 minutters varighet:

$$I = 220 \text{ l/s*ha}$$

Vi skal ta hensyn til at regnintensiteten øker med 50 %, dvs. multiplisere med klimafaktor 1,5.

$$Q = \varphi * A * I * KF = 0,3 * 3,2 \text{ ha} * 220 \frac{\text{l}}{\text{s} * \text{ha}} * 1,5 = 316 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

b) 40 %

Mange måter å forklare tretrinnsstrategien på. Det vi ser etter er om kandidaten har forstått prinsippet. Mange vil sikkert illustrere, det teller positivt men er ikke et krav for å få full score. Det er også en fordel om det gis forslag til grenser mellom de ulike trinnene.

Fra læreboka:

Prinsippet er at man i første ledd klarer å infiltrere eller holde tilbake vannet i alt regn med en mindre nedbørmengde enn et visst antall millimeter i de aller fleste tilfeller. Når regn faller med større vannvolum enn dette, vil det overskytende renne videre til åpne anlegg som forsinker og fordrøyer avrenningen. Noen få regn har imidlertid så store vannvolum at de normale systemene ikke kan håndtere avrenningen alene. Man må anlegge åpne flomveger som kan avlede disse sjeldne regnene på en trygg måte.

Alternativ forklaring som bør gi full score:

Tretrinnsstrategien forteller oss at vi bør infiltrere de minste regnene (f.eks. opptil 2-årsregn eller 20 mm), fordrøye de mellomste regnene (f.eks. opptil 20-årsregn eller 40 mm) og sikre en trygg flomvei for de kraftigste regnene (f.eks. 200-årsregn eller 100 mm).

Forslag til løsninger som kan nevnes:

Tiltak	1. trinn	2. trinn	3. trinn
Frakobling av takrenner	x	x	
Grønne tak	x	x	
Blå tak		x	
Infiltrasjonsgrøfter/-arealer	x		
Permeable flater	x		
Fordrøyningsdam		x	x
Regnbed	x	x	
Åpne flomveier			x
Grønne grøfter/kanaler		x	x
Bekkeåpning			x
Lukkede fordrøyningsmagasiner	x	x	
Infiltrasjonssandfang	x		
Våtmarksområder		x	
Flerfunksjonelle løsninger/overflater		x	x
Infiltrasjon i steinfyllinger	x	x	
Grønne vegger	x		

c) 20 %

Må først regne ut hydraulisk radius:

$$A = 0,2 \text{ m} * 0,5 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^2$$

$$P = 0,2 \text{ m} + 0,5 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 0,9 \text{ m}$$

$$R = A/P = 1/9 \text{ m}$$

Mannings formel benyttes. Setter inn kontinuitetslikningen $Q = v * A$ slik at vi får:

$$Q = A * M * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

Her forventes Mannings-ruhet i intervallet 30-60. For å skille seg ut bør kandidaten grunngi hvordan han/hun har valgt sin Mannings-ruhet.

Løser for begge ytterpunkter:

$$M = 60$$

$$Q = 0,1 * 60 * \frac{1}{9}^{\frac{2}{3}} * 0,010^{\frac{1}{2}} = 139 \text{ l/s}$$

$$M = 30: Q = 69 \text{ l/s}$$

Oppgave 3 (15 %) – Ledningsteknologi

- a) 60 %. Løsninger som kan beskrives er hentet fra tabell i ABC for gravefri fremtid (utdelt i timene), men tilsvarende tabell fins i læreboka. Løsninger som beskrives kan kontrolleres mot læreboka kap 13 eller ABC for gravefri fremtid kap 3. Det forventes bare en-to setninger pr. metode for en C.

VI KLASSIFISERER PÅ DENNE MÅTEN:

➤ Strukturelle metoder

Definisjon: Renoveringsproduktet, det vil si det nye røret, kan alene motstå opptredende krefter i hele levetiden.

➤ Semi-strukturelle metoder

Definisjon: Renoveringsproduktet er delvis avhengig av støtte fra det eksisterende røret, for å kunne motstå opptredende krefter i hele levetiden.

➤ Ikke-strukturelle metoder

Definisjon: Renoveringsproduktet er helt avhengig av støtte fra det eksisterende røret, for å kunne motstå opptredende krefter i hele levetiden.

De fleste NoDig-metodene kan i prinsippet benyttes for både vann- og avløpsledninger og kan klassifiseres i hovedgruppene som vist i tabell nedenfor.

METODER:	Strukturelle metoder:	Semi-strukturelle metoder:	Ikke-strukturelle metoder:
Rørtrykking / Nytt rør	X		
Boring i løsmasser / Nytt rør	X		
Boring i fjell eller kombinasjons-masser / Nytt rør	X		
Rørinnføring («Relining») / Nytt rør	X		
Utblokking / Nytt rør	X		
Strømperenovering	X*	X	
Tett-tilsluttet rør	X**	X	
Belegg (Kun for vannledning)		X	X

* Strømpe blir oftest dimensjonert med ringstivhet som et nytt rør, og kan dermed være både strukturell og semistrukturell.

** Leveres både som strukturell og semistrukturell, eksempelvis Compact Pipe som SDR17 kvalitet.

b) 40 %

Legging av selvfallsledninger i spredt bebyggelse er ofte kostbart fordi avstandene er store. Det må mye grøftegraving til for å legge avløpsledning til få hus/hytter. Spesielt komplisert blir det dersom det er krevende terreng og vanskelige grunnforhold (leire eller grunt til fjell). I slike tilfeller kan trykkavløp være en bedre løsning. Ulike typer trykkavløpssystemer er i bruk i spredt bebyggelse. I noen tilfeller er det enkeltstående hus som ikke har tilstrekkelig fall til selvfallsledningen (f.eks. bor på nedsiden av bilveien hvor ledningen ligger), og som derfor må etablere egen pumpestasjon som trykker avløpet opp til selvfallsledningen. Trykkavløp brukes også en del til hyttefelt hvor hver hytte tidligere har hatt sitt eget (mer eller mindre fungerende) avløpsanlegg.

Oppgave 4 (30 %) – Renseprosesser og slambehandling

a) 33 %.

Forventninger til en C i kursiv skrift. I denne oppgaven må det aksepteres at kandidaten benytter andre begreper enn i løsningsforslaget, og det skal gis poeng så lenge det kommer frem at kandidaten har tenkt på riktig «ting». Fellingskjemikalier er ikke naturlig forekommende i noen av de to vanntypene, men det trekkes ikke dersom det er nevnt.

Råvann til drikkevann	Avløpsvann til resipient
<i>Mikroorganismer/patogener (mange navn aksepteres)</i>	<i>Næringsstoffer (hovedsakelig P og N)</i>
<i>Organisk materiale, Humus</i> Organisk materiale kan deles opp i løst/suspendert	<i>Organisk materiale</i> Organisk materiale kan deles opp i løst/suspendert
<i>Smak, Lukt</i>	<i>Store partikler (kluter, bind, kondomer, q-tips og annet som er skylt ned i do)</i>
Tungmetaller	Tungmetaller
Større partikler, som fisk, løv, sand	Mikroforurensninger
	Sand og fett

b) 33 %

Fordeler og ulemper fra læreboka. Det er satt et merke ved de som bør være med (eller kandidaten viser tilsvarende kunnskapsnivå) for en C.

Desinfeksjonsmetode	Fordeler	Ulemper
Klorering	★ Godt kjent teknologi ★ Kan gi restvirkning på nettet Enkel å måle Billig i investering og drift	★ Gir ikke tilstrekkelig inaktivering av parasitter ★ Gir dannelse av desinfeksjonsbiprodukter (haloformer) Klorgass giftig i tilfelle av teknisk uhell Kan gi vannet lukt og smak i visse situasjoner og ved høye doser
Ozonering	Hurtig baktericid og virucid virkning Kraftig oksydasjonsmiddel ★ Fjerner farge Gir oksygenering av vannet Reduserer lukt og smak	Gir ingen restvirkning på nettet Kan gi dannelse av desinfeksjonsbiprodukter (bromat) ★ Forutsetter produksjon i kostbart utstyr på stedet Øker vekstpotensialet i vannet og kan kreve biologisk nedbrytning før vannet ledes ut på nettet Kan være vanskelig å kontrollere restozonkonsentrasjon
UV-desinfeksjon	Hurtig batericid virkning Gir ingen lukt og smak Gir ingen dannelse av desinfeksjonsbiprodukter	★ Gir ingen restvirkning på nettet ★ Farge og turbiditet i vannet må være lav Dyr i investering og drift Sensitiv for variasjon i strøm kvalitet

★ UV: God mot alle mikroorganismer (også parasitter)

c) 34 %

Å benytte slam fra avløpsrensing som jordforbedring kan være betenkelig fordi det inneholder:

- Tungmetaller
- Andre typer forurensning, f.eks. mikroplast, olje, fett
- Sykdomsfremkallende mikroorganismer
- Organisk materiale som kan brytes ned → skaper luktproblematikk

Slam må avvannes (fjerne vann), hygieniseres (inaktivere/drepe sykdomsfremkallende mikroorganismer) og stabiliseres (stans den biologiske nedbrytningen) før det kan benyttes som jordforbedring. I tillegg må prøver vise lave innhold av forurensningsstoffer (f.eks. tungmetaller). Aktuelle behandlingsmetoder før slammet kan benyttes som jordforbedring (for en C forventes det at det nevnes tre metoder med en setning eller to om hver metode):

Anaerob utråtning (biogass-prosessen):

Dette er den dominerende prosessen for stabilisering av slam. Stor fordel at man kan samle opp og bruke biogassen (metangass).

Anaerobt stabilisert slam / utråtnet slam lages ved at ferskt slam omdannes uten at luft er tilstede i en tett tank (biogassreaktor). Noen ganger har biogassreaktoren høy temperatur og slammet hygieniseres direkte, noen ganger er slammet pasteurisert før det går inn i tanken. Avhengig av hvor mye vann som presses ut av slammet blir resultatet en grynede masse som har en liten av eim av ammoniakk. Dersom slammet ettermodnes / lagres litt før bruk, lukter det bedre. En del av nitrogenet i anaerobt stabilisert slam foreligger som ammonium.

Kalkbehandling:

Kalkbehandlet slam produseres ved at renseanleggene tilsetter brent eller lesket kalk til ferskt avvannet slam for å hygienisere slammet og redusere lukt. Den høye temperaturen som utvikles og den høye pH-en dreper derfor smittestoffene i slammet. Kalkbehandlet slam får en litt tørr og grynete konsistens. Dersom slammet lagres lenge før det brukes, kan det begynne å lukte igjen. Kalkbehandlet slam har høy pH og gir kalkvirkning. Eventuell nitrogen som foreligger som ammonium går tapt som ammoniakk.

Kompostering:

Kompostert slam lages ved at ferskt slam blandes med flis, bark eller kvernet hageavfall og omdannes med tilstedeværelse av luft. Når komposteringen er i gang, utvikles høy varme som igjen hygieniserer slammet (dreper smittestoffene). Resultatet blir et jordliknende produkt med et lavt innhold av plantetilgjengelig nitrogen, men med høyt innhold av organisk materiale.

Ikke så effektiv prosess som de andre, men lite kostnadskrevende. Må tilsette luft, så slammet ligger i lange ranker, og vendes av og til. Det blir mye lukt av denne metoden, siden nedbrytningen skjer åpent og i friluft.

Andre former for aerob utråtning kan også nevnes.

Tørking:

Tørket slam er slam som tørkes ved høy temperatur, over 100 °C. Slammet hygieniseres på grunn av den høye temperaturen, og redusert vanninnhold stopper biologisk aktivitet slik at lukten også blir svært redusert. Slammet er lett å spre, men kan støve. Dersom slammet er tørket til over 80 % tørrstoff, kan slammet ha problemer med å bli oppfuktet igjen. Tørket slam krever mindre plass og er lettere å transportere for renseanleggene.