

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN.

0 - 68.

Kloakkrenseanlegg Nittedal.

Saksbehandler siv.ing. Terje Simensen,  
mars 1959.

INNHOOLD.

	Side:
Innledning	2
Beregningsgrunnlag	3
Sideavløp	3
Venturimåler	3
Oksydasjonsdam	4
Sedimenteringstanker	5
Slamholder	6
Slamseng	6
Bilag 1 Dimensjonering av venturimåler	7
"    2 Karakteristikk for venturimåler	9
"    3 Oksygenbehovet	10
"    4 Oksygentilførsel	11
"    5 Volum og dimensjoner for hovedbasseng	13
"    6 Vannhastighet for hovedbasseng	14
"            Nødvendig hastighet i hovedbasseng	14
Hastighet i hovedbasseng med mamutpumpe	15
Forsøk med mamutpumpe	18
"    7 Kloakkvannets varmebehov	19
"    8 Dimensjonering av sedimenteringstanker og pumper	22
Sedimenteringstanker	22
Slampumper	22
"    9 Dimensjonering av slamholder	24
"    10 Omkostningsberegninger for oksydasjonsdam	26

## INNLEDNING.

Fra tettbebyggelsen ved Nittedal stasjon samles kloakkvann til en hovedkloakk som krysser riksveien ved Dam kafé. Kloakkvannet har ikke passert septik-tanker eller andre renseinnretninger og kommer ferskt til renseanlegget som er tenkt lagt nedenfor riksveien ved elven.

Renseanlegget baseres på en aerob nedbrytning av slam og løste forurensninger ved hjelp av aktivt slam i en åpen dam eller hovedbasseng. Avløpsvannet passerer et sedimenteringsanlegg som holder slammene tilbake og returnerer det til dammen. Anlegget, spesielt inn- og avløpsdelene, anordnes slik at muligheten for frostvanskeligheter blir vesentlig redusert.

1500 mennesker, som antas å være det antall som vil være koplet til hovedkloakkledningen i løpet av de første 5 - 10 årene, er brukt som beregningsgrunnlag for anlegget. Man kan vente å komme opp i 5500 - 6000 personer i fjern fremtid og må da regne med, på en forholdsvis lettvinde måte, å utvide anlegget etter behov.

Tomten som er avsatt for renseanlegget er vel egnet for oksydasjonsdam og er tilstrekkelig stor for senere utvidelser.

Anlegget består av (se tegn. nr. 6801):-

1. Sideavløp
2. Venturimåler
3. Oksydasjonsdam
4. Sedimenteringstanker
5. Slambeholder
6. Slamseng.

De forskjellige deler er beskrevet i den rekkefølge de er nevnt ovenfor, mens alle detaljberegninger er å finne som bilag.

Beregningsgrunnlag:-

Antall personer = 1500.

Antatt BCF<sub>5</sub>-belastning = 60 g BCF<sub>5</sub> pr person og døgn.

Reduksjon av BCF<sub>5</sub> i anlegget = 92 %.

Kloakkvannsmengde = 200 l pr pers. og døgn.

Maksimal timebelastning = 200 x 2 = 400 l pr pers. og døgn.

Infiltrasjonsvann fra grunnen = 25 % av kloakkvannsmengden.

Luftmengde som tilføres anlegget = 10 m<sup>3</sup>/min.

Luften tilføres vannet under et trykk = 2000 mm V.S.

De data som er angitt ovenfor er dels basert på erfaringer i liknende anlegg og dels på direkte målinger i en nærliggende hovedkloakkledning i Hittedal.

SIDEAVLØP.

For å ha mulighet for å stenge tilførselen av kloakkvann til oksydasjonsdammen når man skulle finne det nødvendig, anordnes det i en kum på hovedkloakkledningen umiddelbart foran anlegget et enkelt toveisløp. Fra dette kan kloakkvannet sendes direkte i elven. Detaljtegning av sideløpet er vist på tegn.nr. 6303.

VENTURIMÅLER.

Variasjoner i vannføring vil bli registrert ved å bruke en åpen venturimåler foran innløpet til hovedbassenget. Måleren blir utformet som en åpen kanal støpt inn på hovedledningen. Nivåvariasjonene i kanalen blir registrert ved hjelp av en flottør og skriver slik at nivåkurven kan skiftes ut én gang pr døgn eller pr uke etter ønske.

Dimensjoneringen av måleren finnes i bilag 1, og detaljert tegning av samme som tegn. nr. 6304. Bilag 2 angir målerens karakteristikker.

## OKSYDASJONSDAM.

I oksydasjonsdammen eller hovedbassenget skal slammet være gjenstand for aerob nedbrytning. Dette gjøres ved kontinuerlig å tilføre vannet oksygen gjennom luftinnblåsning. Kloakkvannets oksygenbehov er bestemt ut fra målinger i kloakkvann fra nærliggende boligfelt i Nittedal.

Den praktiske utformning og apparatur for å få tilført den nødvendige mengde med oksygen er utprøvet i halvteknisk målestokk ved vårt laboratorium.

Oksydasjonsdammen blir utformet som en 4 m bred grøft. Sidene av grøften er lagt i helning 1 : 1,5 og dybden er 1.2 m. Den totale lengden av grøften blir ca. 135 m. Luften tilføres vannet ved hjelp av et system av perforerte rør, lagt på bunnen av grøften. For å få en effektiv utskifning av vannet på det stedet hvor luftinnblåsningen skjer er det satt opp to tverrgående skillevegger som spenner over grøftens fulle bredde. Da luften som tilføres vannet blir blåst inn mellom disse tverrveggene, hvorav den ene går helt til bunnen, mens den andre bare har 10 - 20 cm neddykning, vil vannet bli trukket inn under den ene veggen, løftet opp og fortsette ut i grøften over den andre.

I tillegg til at dette gir vannet en hastighet som tjener oksygenopptagelsen, oppnår vi også en tilstrekkelig vannhastighet slik at slammet ikke vil sedimentere og bli liggende på bunnen av dammen. Dette er av betydning da man ellers vil få en oksygenfattig sone nær bunnen.

Da luftinnblåsningen skjer på 1,4 m dyp vil en relativt stor luftmengde billigst kunne frembringes ved hjelp av sentrifugalvifter. Med to stykker av disse montert i serie vil man kunne oppnå  $10 \text{ m}^3$  luft pr min under et trykk av 2000 mm V.S. og med et strømforbruk på 6.25 KW.

På den kaldeste årstiden vil den store luftmengden som blåses inn

i vannet sansynligvis kunne forårsake underkjøling og frostvanskeligheter. Det vil imidlertid være en enkel oppgave å varme opp luften til en ønsket temperatur hvis dette skulle vise seg å være nødvendig.

Oksydasjonsdam i plan og snitt er vist i tegn. nr. 6302.

Som bilag har vi vedlagt følgende:-

Oksygenbehovet	Bilag 3
Oksygentilførsel	" 4
Volum og dimensjoner, hovedbasseng	" 5
Vannhastighet i hovedbasseng	" 6
Kloakkvannets vannbehov	" 7

### SEDIMENTERINGSTANKER.

Etter at kloakkvannet har hatt en teoretisk oppholdstid i oksydasjonsdammen på ca 1 1/2 døgn vil slammet være oksydert og kan fjernes fra vannet ved en enkel sedimenteringsprosess før vannet slippes ut i elven. Sedimenteringen skjer i tanker hvor vannet har en meget liten hastighet samtidig som oppholdstiden bør være 1 - 1 1/2 time.

For å unngå isvanskeligheter må det benyttes tanker med kontinuerlig gjennomstrømning. Ved å benytte grunne tanker med horisontal strømningsretning vil slammet måtte fjernes enten ved hjelp av et bevegelig pumpearrangement eller ved utskylling med vann fra hovedbassenget. For å komme utenom disse kompliserte konstruksjonene benytter vi dypere tanker med vertikal gjennomstrømning og mamutpumper for å løfte slammet. Vann inneholdene slam ledes gjennom rør fra oksydasjonsdammen og inn i sedimenteringstankene. I sedimenteringstankene vil vannet ha en vertikal strømningsretning hvorved slammet atskilles fra vannet og synker til bunnen. Det rene vannet vil bli oppsamlet fra et sirkulært overløp på toppen av sedimenteringstanken og derfra ledet til elven. Ved hjelp av pumpene vil slammet kontinuerlig bli ført tilbake til hovedbassenget.

Detaljtegning av sedimenteringsanordning med pumper er vist i tegn. nr. 6805 - 6806 - 6807 - 6808 og 6809.

Som bilag finnes: -

Dimensjonering av sedimenteringstanker

og pumper

Bilag 8

### SLAMBEHOLDER.

For å opprettholde optimale forhold for oksydasjonsprosessen i hovedbassenget bør slamkonsentrasjonen i vannet holdes noenlunde konstant. Denne konsentrasjonen vil kunne oppretholdes ved kontinuerlig å fjerne en viss mengde slam fra anlegget. Dette overskuddsslammet tas ut fra den slammengden som kontinuerlig pumpes fra sedimenteringstankene tilbake i hovedbassenget. Ved en enkel regulering kan man ta ut den mengden man ønsker å lede til en egen slambeholder. I denne beholderen vil slammet sedimentere og vannet bli ført tilbake til hovedbassenget. Slambeholderen vil ha kapasitet for en ukes lagring av slam.

Dimensjonering av slambeholder finnes i bilag 9.

### SLAMSENG.

Overskuddsslammet etter en ukes lagring i slamtanken tenkt overført til en slamseng som enkelt kan anordnes ved hjelp av de masser som er gravet ut for hovedbassenget. Slammet som tilføres slamsengen vil være lett å drenere og vil være vel egnet som jordforbedringsmiddel. Overføringen av slam fra slambeholderen vil lettvis kunne gjøres ved hjelp av en tankbil eller en pumpe som måtte være til disposisjon.

Bilag 1.Dimensjonering av Venturimåler: -

Med de vannføringene vi har antatt må variasjonsområdet settes til 0,5 - 9 l/sek.

Hvis B = største kanalbredde, b = innsnevringens bredde og l = lengde av innsnevring, antar vi følgende forholdstall

$$l/b = 4 \text{ og } \frac{B}{b} = 3,5$$

Ved minste vannføring forsøker vi å sette innsnevringens bredde b = 3 h og antar  $C_a = 0,98$  i formelen

$$q = C_a \times 0,385 \times b \sqrt{2g} (h + h_v)^{3/2}$$

hvor q = vannføring i cm<sup>3</sup>/sek

h = vannets overhøyde i forhold til kanalbunnen i innsnevringen

$h_v$  = vannets hastighetsenergi i tilløpskanalen.

$$500 = 0,98 \times 0,385 \times 44,3 \times h^{3/2}$$

$$h^{5/2} = 10, \quad h = 2,5 \text{ cm} \quad \text{og} \quad b = 3h = 7,5 \text{ cm.}$$

Ved maksimal vannføring får vi

$$9000 = 0,98 \times 0,385 \times 44,3 \times h^{3/2}$$

$$h^{3/2} = 72, \quad h = 17,3 \text{ cm}$$

Ifølge forholdstallet  $\frac{B}{b} = 3,5$  settes B = 27,5 cm.

Således blir for

$$\begin{array}{lll} q = 500 \text{ cm}^3/\text{sek} & h_v = 0,026 \text{ cm} & \text{og} \\ q = 9000 \text{ "} & h_v = 0,165 \text{ "}. & \end{array}$$



## Bilag 1 (forts.)

Vi ser at disse størrelsene blir så små at de er satt ut av betraktning i våre beregninger ovenfor.

For å kunne sette opp en avløpsformel for venturikanalen benytter vi formelen

$$q = C_a \times K \times 0,385 \times b \sqrt{2g} (h)^{3/2}$$

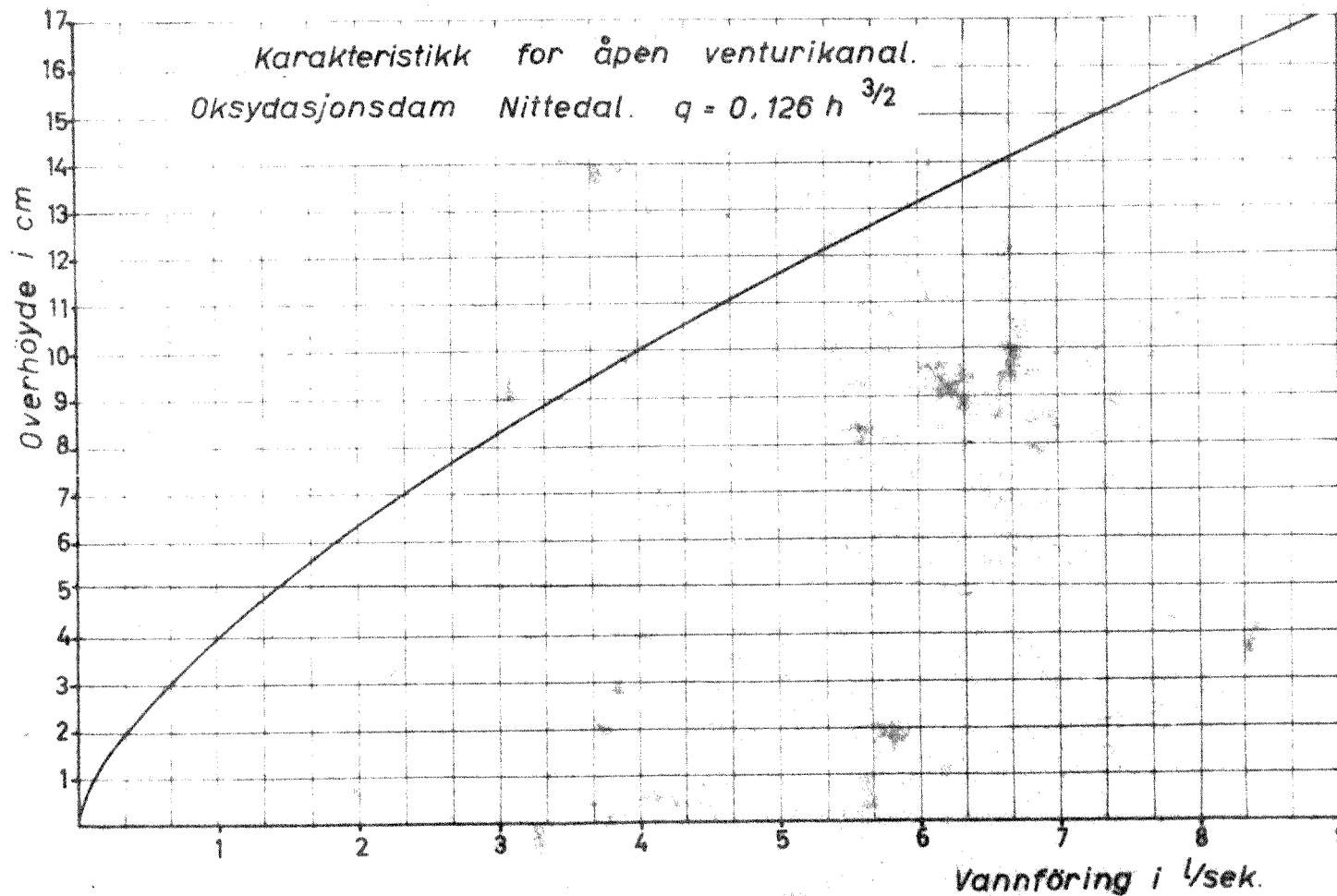
hvor  $K$  = faktor som tar vare på hastighetshøyden i tilløpskanalen og er en funksjon av forholdet  $b/B$ .

For  $b/B = 0,256$  er  $K = 1,018$

$$q = 0,97 \times 1,018 \times 0,385 \times 7,5 \sqrt{2g} (h)^{3/2}$$

$$q = 126 h^{3/2} \text{ cm}^3/\text{sek} = \underline{0,126 h^{3/2} \text{ l/sek.}}$$

Forholdet mellom  $q$  og  $h$  er tegnet opp grafisk i bilag 2.



BR 31-3-59

Bilag 3.

Oksygenbehovet: -

BOF<sub>5</sub>-belastningen er

$$\frac{1500 \text{ pers} \times 60 \text{ g/døgn}}{1000} = 90 \text{ kg/døgn}$$

Med en faktor på 1,46 får vi en total første trinns  
BOF<sub>5</sub>-belastning

$$90 \times 1,46 = 132 \text{ kg/døgn}$$

Ved å anta 92 % reduksjon i BOF<sub>5</sub> blir oksygenbehovet som  
skal tilfredsstilles.

$$132 \times 0,92 = 121 \text{ kg/døgn.}$$

Oksygentilførsel: -

I følge forsøk i vårt laboratorium vil vi oppnå en oksygenopptagelse på 1,85 % ved luftinnblåsning gjennom perforerte rør med hull diameter 2 mm på et dyp av 0,95 m.

Hvis innblåsningsdybden økes til 1,4 m vil kontakttiden mellom luft og vann økes med vel 30 % og vi må kunne anta at oksygenopptagelsen vil øke til 2 %.

Høytrykkviftens karakteristikk angir luftmengden, ved et mottrykk på 2000 mm V.S., til 10 m<sup>3</sup>/min. Hvis mottrykket senkes til 1600 mm vil imidlertid luftmengden øke til ca 15 m<sup>3</sup>/min.

Den oksygenmengde som tilføres anlegget vil da være

$$\frac{15 \times 280 \times 0,02 \times 60 \times 24}{1000} = 125 \text{ kg O}_2/\text{døgn.}$$

I tillegg til denne oksygenmengden som kunstig tilføres anlegget vil det ved den relativt sterke turbulens vi kan oppnå, bli opptatt betydelige mengder oksygen fra luften. Tilnærmeelsesvis kan vi beregne denne mengden ut fra følgende formel:

$$N_A = \frac{v}{v_g \times R} (C_e - C)$$

hvor

$N_A$  = oksygenopptagelse i g/cm<sup>2</sup> x sek

$v$  = vannhastighet i cm/sek

$g$  = tyngdeakselerasjon i cm/sek<sup>2</sup>

$R$  = hydraulisk radius i cm

$C_e$  = oksygenkonsentrasjon ved metning i g/cm<sup>3</sup>

$C$  = oksygenkonsentrasjon i vannet i g/cm<sup>3</sup>

med  $v = 15 \text{ cm/sek}$ ,  $R = 67 \text{ cm}$ ,  $C_e = 9,2 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$  ved 20 °C,  
 $C = 3 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$  får vi

Bilag 4 (fortsettelse)

$$N_A = \frac{15}{\sqrt{981 \times 67}} (9,2 - 3) \times 10^{-6} = 0,363 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^2 \times \text{sek.}$$

Med en total kontaktflate mellom luft og vann =  $540 \text{ m}^2$  blir oksygenopptagelsen

$$540 \times 10^4 \times 0,363 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \times 10^{-3} = 170 \text{ kg O}_2/\text{døgn.}$$

Denne verdien ligger noe lavere enn empiriske tall for elver med omtrent samme strømningshastighet, hvilket kan tyde på at vi vil oppnå en noe større verdi enn den som her er beregnet.

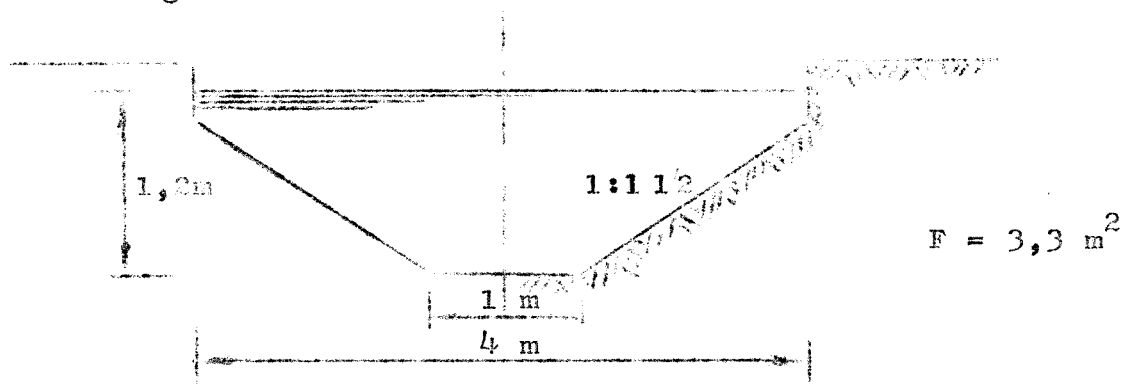
Bilag 5.Volum og dimensjoner for hovedbasseng: -

Med et lineært forhold mellom  $\text{BOF}_5$ -belastning og volum av oksydasjonsdam benytter vi et spesifikt volum av 300 l/person. (Dette tallet er fremkommet etter praktiske forsøk med oksydasjonsdammer, utført av Dr. Pasveer i Holland.)

Totalvolum av oksydasjonsdam er således

$$\frac{1500 \times 300}{1000} = 450 \text{ m}^3$$

Vi velger et tverrsnitt som vist nedenfor



Med et volum på  $450 \text{ m}^3$  blir lengden

$$\frac{450}{3,3} = 136 \text{ m}$$

Den totale lengde settes således til

$$136/2 = 68 \text{ m}$$

Bredden av midtfeltet bør være 4 m for å unngå for skarpe kurver.

Den totale bredden blir således

$$4 \times 2 + 4 = 12 \text{ m.}$$

Bilag 6.Vannhastighet i hovedbasseng.a. Nødvendig vannhastighet i hovedbasseng: -

Vannets minimumshastighet for å holde slammet i suspensjon kan tilnærmet beregnes ut fra formelen

$$V = C \times R^{1/6} \times \sqrt{\frac{K(s_f - s_v)}{\left(\frac{K}{s_v}\right) d}}$$

hvor  $V$  = vannets hastighet i m/sek

$C$  = friksjonskoeffisient (Manning-Strickler) = 50  
i jordgrøft med fast sand og noe leire.

$R$  = hydraulisk radius i m (0,67)

$K$  = slamkarakteristikk = 0,06 for rått kloakkslam.

$s_f$  = spesifikk vekt av slampartikler (i tørr tilstand varierer mellom 1,00 og 1,20. Antar vi 1,20 for tørt slam og at det i våt tilstand vil inneholde 90 % vann vil den spesifikke vekt av det våte slammet være

$$s_f = \frac{100}{\frac{100 - 90}{1,2} + \frac{90}{1,0}} = 1,018$$

$s_v$  = spesifikk vekt av vann ved gjeldende temperatur

$d$  = gjennomsnittlig partikkeldiameter i m.

Setter vi de kjente verdier inn i formelen får vi

$$V = 50 \times 0,67^{1/6} \times \sqrt{0,06 \cdot \frac{1,018 - 1,000}{1,000} \cdot d}$$

Dette uttrykket kan reduseres til

$$V = 4,87 \sqrt{d}$$

hvor  $V$  = hastighet i m/sek

og  $d$  = partikkeldiameter i mm.

Ved å variere  $d$  fra 1 - 10 mm får vi de nedenfor anførte minimumshastigheter på vannet.

$d$ mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V$ m/s	4,87	6,90	8,45	9,75	10,90	11,95	12,90	13,80	14,60	15,10

b. Vannhastighet i hovedbasseng med rektangulær mamutpumpe:-

Virkningsgraden av en mamutpumpe er sterkt avhengig av den relative lufthastighet (d.v.s. den relative hastigheten mellom luft og vann i stigningstverrsnittet). Da denne størrelsen meget vanskelig kan bestemmes teoretisk har vi valgt å utføre praktiske forsøk med en Pumpe bygget for dette formålet.

Et støpt kar (3,8 x 6,4 m) ble fylt til en dybde av 1,2 m. Med en langsgående skillevegg midt i karet, med en avstand mellom endevegger og skillevegg på 1,8 m kunne vi arbeide med en kontinuerlig vannstrøm rundt skilleveggen.

Pumpearangementet ble installert mellom skilleveggen og den ene av karets langvegger. Pumpen bestod av to plater som ble spent fast på tvers av strømningsretningen og med mulighet for å variere deres innbyrdes avstand og neddykningen. Platen på oppstrømssiden ble satt i en avstand  $B$  fra bunnen av karet og med sin øvre kant over vannoverflaten, mens platen på nedstrømssiden ble festet ned til bunnen med en avstand  $A$  fra vannoverflaten og ned til platens øvre kant.

På bunnen av karet og midt mellom de to platene ble det brukt et tverrgående rør med 10 oppadrettede dyser (dyseåpning 3 mm). Luft som blåses gjennom dette røret vil stige opp mellom platene. Denne blandingen av luft og vann er lettere enn vannet på yttersiden av platene og det vil derfor oppstå en overhøyde  $h$  mellom platene. Denne overhøyden vil danne en trykkgradient over nedstrømsplaten og vi får en vannstrøm over denne.



Bilag 6 (fortsettelse 2)

Ved å holde luftmengdene konstant ble høyden A og B samt avstanden mellom platene variert som vist på observasjonskurvene.

For å få et mål for pumpens virkningsgrad ble det midt i åpning B plassert et flygel. Ved å registrere innløpshastigheten i åpningen kunne den relative vannføringen beregnes for et hvert forsøk.

Ut fra de opptrukne kurvene i bilag 6 kan vi anta at høyden A har en optimal verdi i området 15 - 20 cm, samt at vannføringen stiger med økende verdi for B.

Dessuten ser det ut som om virkningsgraden stiger med økende avstand mellom platene. Denne effekten har det imidlertid vært vanskelig å dømme om da luftinnblåsningen har skjedd midt i tverrsnittet og derved har kunnet gi opphav til lokale kortslutningsstrømmer. Hvis luften derimot blir blåst inn i vannet over et større horisontalt tverrsnitt skulle man kunne tro at en slik effekt kunne elimineres.

For den maksimale ytelsen vi har oppnådd i forsøkene er vannføringen beregnet til 160 l/sek.

Samtidig ble luftmengden målt ved hjelp av pitotrør i tilførselsrøret, og holdt konstant på 45 l/sek.

Forholdet mellom mengde luft og vann er således 0,28.

Mulighetene for å få utført forsøkene med et større forholdstall er desverre ikke tilstede da luftmengden ble bestemt av kompressorens kapasitet. Vi kan imidlertid anta at pumpekapasiteten vil tilta med økende forholdstall opptil et optimalt luft/vann-forhold som antageligvis ligger over 1.

Den maksimale pumpekapasitet for våre forsøk vil altså være 9/4 l/sek pr. m pumpebredde.

Bilag 6 (fortsettelse 3)

Antar vi nå at pumpekapasiteten kan økes med minst 25 % ved å øke lufttilførselen vil pumpekapasiteten øke til 125 l/sek pr m pumpebredde.

I oksydasjonsdammen lar vi tverrplatene spenne over full dambredde altså 4 m, og vi skal få en vannføring =

$$4 \times 125 = 500 \text{ l/sek.}$$

Med et kanaltverrsnitt på  $3,3 \text{ m}^2$  blir den midlere hastigheten i kanalen

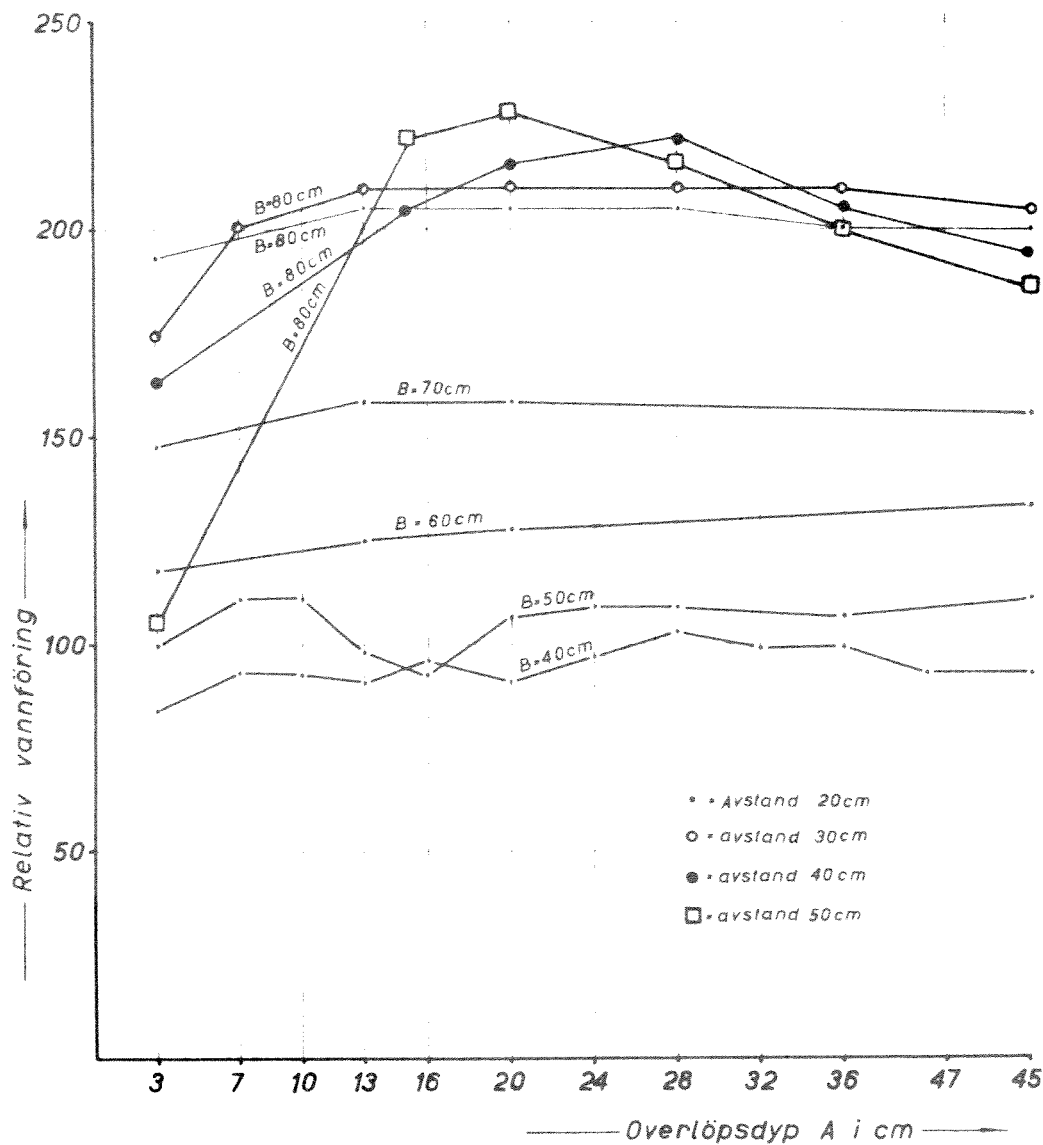
$$\frac{0,5 \text{ m}^3/\text{sek}}{3,3 \text{ m}^2} = 0,152 \text{ m/sek.}$$

Denne hastigheten vil som beregnet tidligere, kunne holde slampartikler med en diameter opptil 10 mm i suspensjon.

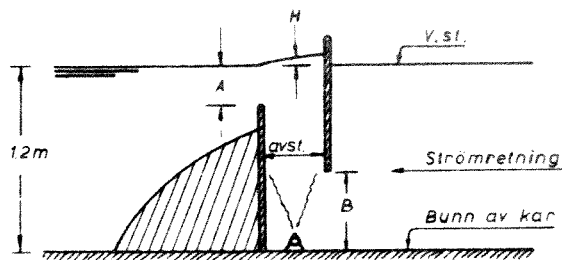
Hvis forholdstallet mellom mengde luft og vann er øket til 0,35 for å oppnå en vannføring lik 125 l/sek pr m pumpebredde, vil luftbehovet være

$$500 \times 0,35 = 175 \text{ l/sek} = 10,5 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Forsök med mamutpump  
Relativ vannföring målt  
i öppning B



B.R.14-5-59



Bilag 7.Kloakkvannets varmebehov: -

Hvis vannet holder en temperatur av  $0,5^{\circ}\text{C}$  ved innløpet til oksydasjonsdammen vil det pr døgn bli tilført anlegget

$$250 \times 1500 \times 0,5 = 187,500 \text{ Kcal.}$$

For noenlunde å beregne varmetapet fra åpent nullgradersvann eller tynn is ved en lufttemperatur omkring  $-20^{\circ}$ , svak bris og klart vær bruker vi tallet

$$36 \text{ cal/cm}^2 \text{ pr time}$$

(Ekspedisjonssjef Devik, Geof. Publ., Vol IX, nr 1, 1931).

Med en overflate på oksydasjonsdammen på  $544 \text{ m}^2$  vil varmetapet beløpe seg til

$$\frac{544 \times 10^4 \times 36 \times 24}{1000} = 4.700.000 \text{ Kcal/døgn.}$$

Ved slike temperaturforhold samt åpent vann eller tynn is finner vi meget ugunstige forhold for en varmebalanse. Hvis en sterk kulde setter inn vil imidlertid vannet bli islagt og varmetapet nedsettes ganske kraftig etterhvert som isens tykkelse vokser. Blir i tillegg isen dekket av et snølag vil varmetapet nedsettes til en brøkdel og være uten praktisk betydning.

Hvis man bruker vifter istedenfor kompressor for å blåse luft inn i vannet vil man kunne <sup>bare</sup> regne med en temperaturøkning under kompresjonen på  $10 - 15^{\circ}$ . Dette betyr at man i kaldt vær vil kunne få en betydelig avkjøling av vannet ved innblåsning av ca  $10 \text{ m}^3$  luft/min.

Den varmemengde  $H$  som skal til for å bringe luftens temperatur opp på et ønsket nivå kan beregnes ut fra formelen

$$H_1 = 0,0216 \times Q (t_f - t_e) \text{ KW}$$

hvor  $H_1$  = varmemengde i KW

$Q$  = luftmengde i  $m^3/\text{min}$

$t_f$  = temp. av luft før oppvarming

$t_e$  = temp. av luft etter oppvarming.

Hvis vi antar 20.000 °C/timer som en rimelig frostmengde over året for de lavere liggende deler av Nittedal, og at temperaturen er lavere enn 0 °C i 5 måneder av året får vi en middeltemperatur på

$$\frac{-20.000}{5 \times 30 \times 24} = -5,55^\circ\text{C}$$

Med  $Q = 10 m^3$  luft/min blir energibehovet

$$H = 0,0216 \times 10 \times 5,55 = 1,2 \text{ KW}$$

Over 5 måneder blir dette

$$1,2 \times 5 \times 30 \times 24 = 4320 \text{ KWh}$$

I tillegg kan vi beregne fordampningsvarmen av formelen

$$H_2 = 0,0339 \times Q (4,58 - P) \text{ KW}$$

hvor  $H_2$  = fordampningsvarme i KW

$Q$  = luftmengde i Kg/min

$P$  = Partialtrykk av vanndamp i luft ved  $-t$  °C i mm Hg.

Partialtrykket av vanndamp ved  $-5,55^\circ = 2,85$  mm og  $Q = 10 m^3/\text{min}$   
 $= 12,93 \text{ kg/min.}$

$$H_2 = 0,0339 \times 12,93 (4,58 - 2,85) = 0,76 \text{ KW}$$

Over 5 måneder blir dette

$$0,76 \times 5 \times 30 \times 24 = 2740 \text{ KWh}$$

Hvis man nå benytter varmeelementer som kan sjaltos inn med

Bilag 7 (fortsettelse 2)

termostat må man p.g.a. det trinnvise forbruket øke kraftbehovet med ca. 30 %. Således vil det totale kraftbehovet over en 5 måneders periode bli

$$(4320 + 2340) \times 1,3 = \underline{9180 \text{ KWh.}}$$

Den trinnvise innsjåtingen av varmeelementer må reguleres etter et maksimalt varmebehov ved en minimumstemperatur av  $-35^{\circ}\text{C}$ .

$$\begin{aligned} H_1 &= 0,0216 \times 10 \times 35 = 7,5 \text{ KW} \\ H_2 &= 0,0339 \times 12,93 \times 4,41 = 1,93 \text{ KW} \\ H_{\text{maks.}} &= \underline{9,43 \text{ KW}} \end{aligned}$$

Hvis vi sammenlikner de ulike strømbehov pr år kommer vi til følgende oppstilling:

Til drift av elektriske motorer (8,5 HK) for sentrifugalvifter i 12 mnd.	= 54.800 KWh
Til oppvarming av luft fra $-5,55^{\circ}\text{C}$ til $0^{\circ}\text{C}$ i 5 mnd x 1,3	= 5.620 KWh
Til fordampningsvarme i 5 mnd. x 1,3	= <u>3.560 KWh</u>
Tilsammen	<u>63 980 KWh</u>

Det vil si at 14,5 % av det årlige strømforbruket nyttes til å bringe luftens temperatur opp på et ønsket nivå.

Bilag 8.Dimensjonering av sedimenteringstanker og pumper.a. Sedimenteringstanker: -

Vi anordner 2 stk. tanker hver bestående av 3 stk. kumringer med innvendig diameter 240 cm. Disse gir oss en total overflate på  $8,2 \text{ m}^2$  med tverrsnittet på innløpsrørene trukket fra.

Med 1500 mennesker og 200 l/ind. & d. får vi

$$\frac{1500 \times 200}{1000 \times 24} = 12,5 \text{ m}^3/\text{time}$$

Har vi i tillegg en toppbelastningsfaktor på 2 og 30 % tillegg for infiltrasjonsvann får vi en maksimal vannføring på

$$12,5 \times 2,3 = 28,75 \text{ m}^3/\text{time}$$

Dette gir oss en oppstigningshastighet

$$\frac{28,75}{8,2} = 3,5 \text{ m/time}$$

Med slam av denne typen, som vil være sterkt oksydert, vil denne maksimalhastigheten ligge i et riktig område.

b. Slampumper: -

Spesifik vekt av vann-luft blanding

$$= \frac{1}{1 + \frac{n \cdot p_a}{p_1 - p_a} \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_a}\right)} = \frac{1}{1 + K}$$

hvor n = forholdet  $\frac{\text{vol. luft}}{\text{vol. vann}}$

$p_a$  = atm. trykk

$p_1$  = abs. lufttrykk når den blir tilsatt pumperøret.

Bilag 8 (fortsettelse)

Trykkforholdene kan settes sammen i følgende likning:

$$K \cdot L - l = h_f + h_v \quad \text{i m blandingshøyde}$$

hvor  $L$  = dybden under vannivå hvor luften blir tilsatt pumperøret.

$l$  = pumpens trykkehøyde over vannivå

$h_f$  = friksjonstap i rør og overganger

$h_v$  = vannets hastighetstrykk når det forlater pumperøret.

$$h_v = (1 + K) \frac{q^2}{2 g a^2} (1 + n)^2 \quad \text{m blandingshøyde}$$

$$h_f = 6 \cdot \frac{6,35(L + 1)}{c^2 \cdot d^{4/3}} \cdot \frac{q^2}{a^2} (1 + \frac{n}{2}) \quad \text{m blandingshøyde}$$

hvor  $q$  = vannføring i  $m^3/\text{sek}$

$a$  = rørtverrsnitt i  $m^2$

$d$  = rørdiameter i  $m$

$c$  = friksjonskoeff. i Manning-Strickler-formel

(settes lik 100 for glatte plastrør).

Hvis vi antar

$$n = 1,0, \quad p_a = 1,0 \text{ atm.}, \quad p_1 = 1,14 \text{ atm.}, \quad L = 1,4 \text{ m,}$$

$$l = 0,5 \text{ m,} \quad d = 0,075 \text{ m og } a = 0,004418 \text{ m}^2 \quad \text{er}$$

$$K = \frac{1,0 \times 1,0}{0,14} \cdot \ln \frac{1,14}{1,0} = 1,0$$

$$h_f = \frac{6 \times 6,35 \times 1,9}{10000 \times 0,0318} \times \frac{q^2 \times 10^6}{19,55} (1,5)^2 = 2,6 \times 10^4 \times q^2$$

$$h_v = 2 \times \frac{q^2 \times 10^6}{19,62 \times 19,55} \times 4 = 2,08 \times 10^4 \times q^2$$

Setter vi disse verdiene inn i energilikningen får vi

$$1,0 \times 1,4 - 0,5 = q^2 \times 4,68 \times 10^4$$

$$\underline{q = 4,4 \text{ l/sek.}}$$



Bilag 9.Dimensjonering av slambeholder: -

Ut fra erfaringer ved oksydasjonsdammer i Holland har Dr. Pasveer funnet at slamkonsentrasjonen i hovedbassenget bør være ca 4 g tørrstoff pr liter, og at den mengden slam som kan fjernes fra anlegget er 36 g tørrstoff pr innbygger og døgn.

Med 1500 mennesker blir dette

$$1500 \times 36 = 54 \text{ kg tørrstoff pr døgn.}$$

Med en slamindeks på 30 - 40 ml/g får vi

$$\frac{100 \text{ ml}}{35 \text{ ml/g}} = 3 \text{ g tørrstoff/100 ml}$$

altså et tørrstoffinnhold på ca 3 %.

Dette gir oss en daglig slammangde på

$$\frac{100}{3} \times 54 = 1800 \text{ liter.}$$

Dette er imidlertid volumet etter en times sedimentering, mens vi må kunne regne med en sterk reduksjon i volum etter noen dagers lagring i en konsentrasjonstank.

For dimensjoneringen av konsentrasjonstanken regner vi således med at slamvolumet reduseres til det halve og med en ukes lagring blir det nødvendige volumet av tanken

$$\frac{1,8}{2} \times 7 = 6,3 \text{ m}^3$$

Ved å bruke kumringer med innvendig diameter 1,6 m vil en kumdybde på 3,5 m gi et volum på vel 7 m<sup>3</sup>.

Bilag 9 (fortsettelse)

Når vannet i hovedbassenget inneholder 4 g tørrstoff pr liter vil det pr døgn føres

$$\frac{36 \text{ g/ind. og døgn}}{4 \text{ g/l}} \times \frac{1500}{1000} = 13,5 \text{ m}^3$$

vann inn i slambeholderen for å gi den beregnede mengde med overskuddsslam.

Bilag 10.Omkostningsberegninger for oksydasjonsdam.Graving.

Oks.dam ca. 450 m <sup>3</sup>	kr.	3.150.-
Sed.tanker ca. 47 m <sup>3</sup>	"	330.-
Slamtank ca. 17 m <sup>3</sup>	"	120.-
Fordelingskum ca. 8 m <sup>3</sup>	"	56.-
Grøft for 15" fra fordelingskum og frem til oks.dam 25 m	"	375.-
Grøft for 15 " fra fordelingskum og frem til elv 20 m	"	300.-
Grøft for 5" fra oks.dam og frem til elv 16m	"	160.-
Venturikanal ca 8 m <sup>3</sup>	"	56.-

Spuntvegger.

Trematerialer (2 1/2"x6" spunt, 4x4 boks)	"	1.970.-
Arbeidsomkostn. (kr. 50.- pr. m <sup>2</sup> )	"	2.000.-
Impregnering av trevirke	"	450.-

Rør, rørdeler og legging.

3 m 6" støpejern	"	104.-
26 m 5" støpejern	"	727.-
15 m 4" støpejern	"	325.-
45 m 15" sementrør	"	900.-
3 stk. 90° muffebend 5"	"	295.-
2 " 90° muffebend 4"	"	192.-
2 " 4" sluseventil	"	314.-
1 stk. muffe T-rør 6" - 5"	"	150.-
Legging av rør og rørdeler st.jern	"	450.-
Legging av sementrør	"	350.-

Overløp for sed.tanker.

2 stk. a kr. 2000.-	"	4.000.-
Montasje	"	200.-

Bilag 10. (fortsettelse).Mamutpumper i sed.tanker.

Kombinert pumpeanordning	kr.	1.550.-
Montasje	"	150.-

Skriver for venturikanal.

Flottør med overføring, skriver	"	1.685.-
Montasje	"	150.-

Anlegg for luftinnblåsning.

Høytrykkvifter m/el.motor	"	4.200.-
Ventil,		
Tilførselsrør til oks.dam + perforert rørsystem,		
Spjeld for luftinntak samt montasje	"	5.900.-

Sedimenteringstanker.

2 stk. tanker a kr. 845.-	"	1.690.-
Montasje	"	500.-

Slamtank.

1 stk. tank	"	892.-
Montasje	"	600.-

Fordelingskum.

1 stk. kum	"	467.-
Montasje	"	400.-
Tresluser	"	250.-

Ventilkum.

1 stk. kum	"	77.-
Montasje	"	150.-

Støpearbeider.

Fundament for overbygning og vifte- arrangement, venturikanal, tanker	"	3.000.-
--	---	---------

Bilag 10. (fortsettelse).

Planering og stensetting for  
oks.dam.

kr. 1.000.-

Overbygning i siporex

" 5.500.-

Tilsammen

kr. 45.135.-  
mmmmmmmmmmmmmmmm