

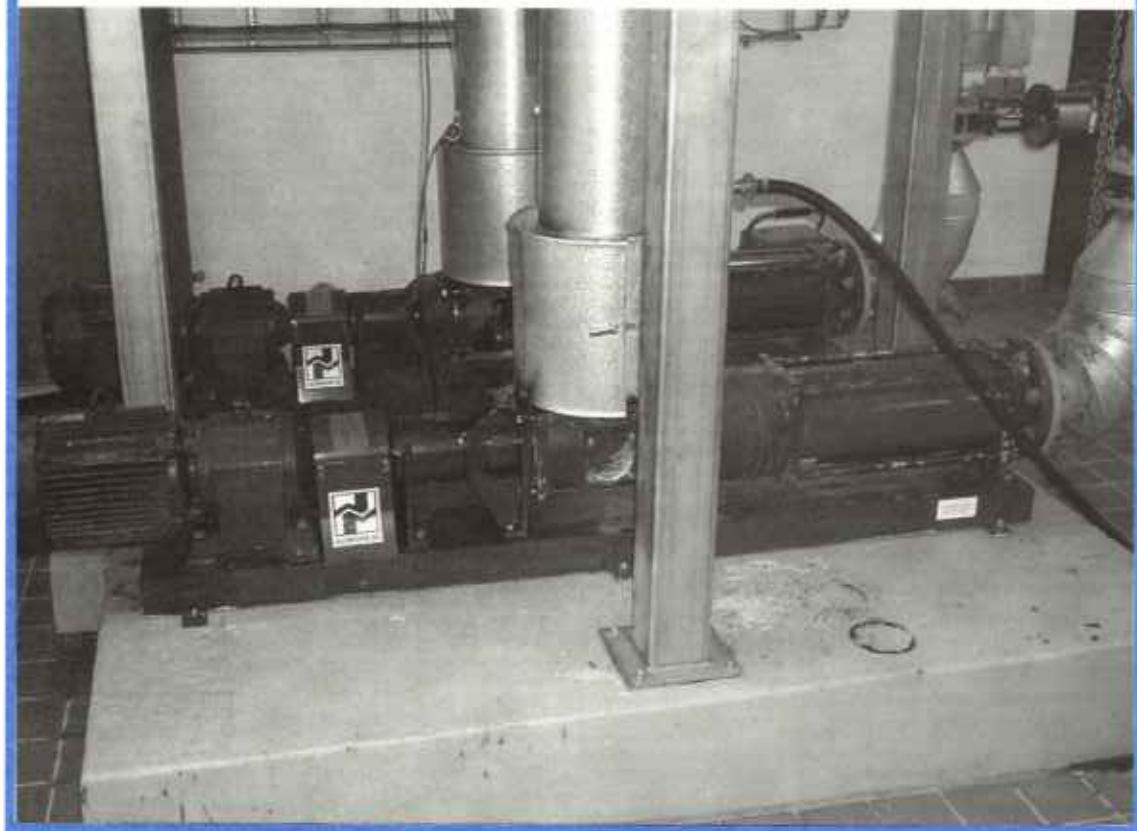
# NORVAR

115  
2001

## Prosjektrapport

### Pumping av avløpsslam

Pumpetyper,  
erfaringer og tips



Norsk VA-verkforening

# NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsveien 143, 2317 Hamar  
Besøksadresse: Vangsveien 143, Hamar  
Telefon: 62 55 30 30

Rapportnummer:

115-2001

Dato:

21. februar 2001

Antall sider (inkl. bilag)  
59

Tilgjengelighet:

Åpen: X  
Begrenset:

Rapportens tittel:

## PUMPING AV AVLØPSSLAM

Pumpetyper, erfaringer og tips.

Forfatter: Erik Bøhleng, NORVAR

Ekstrakt:

Rapporten setter i første rekke fokus på ulike typer slampumper og erfaringer med bruken av disse. I forbindelse med erfaringssdiskusjonen settes fokus på de vanligste drifts- og vedlikeholdsutsfordringene og rapporten gir innspill til hvordan en kan løse disse. Erfaringer med bruk av skruer som slamtransporteringsmiddel blir også belyst.

I tillegg til å se på selve slampumpene legger også rapporten vekt på systemene rundt pumpene, som plassering av pumpen i anlegget, rørstrekkt til og fra pumpene, spyletilgjengelighet mm. Et helhetlig optimalt system rundt selve pumpen er svært viktig for at pumpen skal få de driftsforholdene den trenger.

Rapporten gir en kort innledning i viktige elementer som må vurdere ved innkjøp av nye pumper. Viktige stikkord er her: dimensjoneringsgrunnlag, avtaler/kontrakter, samarbeid mellom de aktuelle aktørene, livsløpsanalyser og langsiktig tankegang ved investering, mm.

Rapporten tar også opp en generell vurdering av hvilke pumpetyper som egner seg for ulike typer slampumping.

For videre kompetansespredning vedrørende slampumping vil NORVAR på bakgrunn av rapporten utvikle en slandatabase som oppdateres med nye erfaringer innen området når slike foreligger. Databasen blir tilgjengelig for NORVARs medlemmer på [www.norvar.no](http://www.norvar.no)

Emneord, norske:

Slampumping, pumpetyper, erfaringer.

Emneord, engelske:

Andre utgaver:

ISBN 82-414-0232-5

## **FORORD**

Slampumping er et komplisert og utfordrende fagområde med stort utviklingspotensiale innenfor norsk avløpssektor. Det har ikke blitt gjennomført noen norsk oppsummerings-/erfaringssinhentingrapport innen området tidligere. Flere av NORVAR sine medlemmer ønsket en slik rapport.

Prosjektet er finansiert via spleislag gjennom NORVAR. Arbeidet har foregått ved hjelp av diverse arbeidsgruppemøter med spleislagsdeltagerne, anleggsbesøk, spørreundersøkelser og kontakt med leverandører. Arbeidsgruppen i prosjektet har bestått av representanter fra spleislagsdeltagerne, og følgende personer har vært med :

Dag Einar Aasen,	VEAS
Rune Frederick og Vidar Aanstad,	Bergen kommune
Eline Furø,	IVAR
Terje Kristiansen,	TAU
Kato Lyså,	Trondheim kommune
Fredrik Myhre Haugsrød og Hledley Hansen,	FREVAR

I tillegg til anleggsseierne ble pumpeleverandørene forespurt om å delta i prosjektet. Følgende leverandører meldte sin interesse og har vært delaktige i spleislagsprosjektet :

Maria Fjellmann,	ABS Pumper AS
Jan Pedersen,	ALLWEILER AS
Ragnar Norstrøm,	Engteck AS

NORVAR vil takke alle bidragsytere til prosjektet for innsatsen.

Erik Bøhleng fra NORVAR har vært sekretær i prosjektet.

Hamar 21. februar 2001

Erik Bøhleng

## INNHOLDSFORTEGNELSE

Innholdsfortegnelsc .....	3
Sammendrag .....	5
Kap 1. Innledning .....	7
1.1 Bakgrunn .....	7
1.2 Målsetting .....	7
1.3 Definisjoner .....	7
Kap 2. Ulike typer slam og avløpsstoffer .....	8
2.1 Innledning .....	8
2.2 Rist- og silgods .....	8
2.3 Medium fra sandfang .....	9
2.4 Septikslam .....	9
2.5 Mekanisk slam fra silanlegg eller sedimentering .....	9
2.6 Kjemisk felt slam .....	9
2.7 Biologisk slam .....	9
2.8 Utråtnet slam .....	10
2.9 Klassifisering av slam .....	10
Kap 3. Ulike typer pumper og skruer til transport av slam .....	11
3.1 Sentrifugal pumper .....	11
3.1.1 Virvelhjulspumper .....	12
3.1.2 Kanalhjulspumper .....	13
3.1.3 Skivepumper .....	13
3.1.4 Skruesentrifugalpumper .....	15
3.2 Fortrengningspumper .....	16
3.2.1 Eksenterskuepumper .....	17
3.2.2 Stempelpumper .....	18
3.2.3 Løberotorpumper .....	19
3.2.4 Slangepumper .....	21
3.3 Membranpumper .....	22
3.4 Maserator- og knivpumper .....	22
3.5 Skruer .....	22
Kap 4. Erfaringer og tips ved pumping av slam .....	23
4.1 Status vedrørende slampumping i Norge .....	23
4.2 Veileding ved valg av pumper .....	23
4.2.1 Utvikling av dimensjoneringsgrunnlag .....	23
4.2.2 Dimensjonering .....	24
4.2.3 Samarbeid mellom konsulenter, leverandører og anleggseiere .....	25
4.2.4 Avtaler .....	26
4.2.5 Ulike pumpetyper sin egnethet for slampumping .....	27
4.3 Hovedårsakene til drift- og vedlikeholdsproblemer ved slampumping .....	29
4.3.1 Slitepartikler .....	29
4.3.2 Filter og fiber .....	30
4.3.3 Mangl på driftsoptimalisering .....	31
4.3.4 Feildimensjonering .....	31
4.3.5 Uvedkommende gjenstander i slammet .....	32
4.4 Erfaringer og tips vedrørende viktige komponenter i tilknytting til pumpen .....	32
4.4.1 Pumpens plassering i anlegget .....	32
4.4.2 Ledningsstrek til og fra pumpen .....	32

4.4.3 Spyletilgjengelighet på rørstrekken rundt pumpene .....	34
4.4.4 Overtrykksbeskyttelse og ventilstyring .....	34
4.4.5 Valg av riktig pumpemotor .....	34
4.4.6 Valg av type akseltetninger .....	34
4.4.7 Pumpefundament .....	35
4.5 Konkrete erfaringer ved bruk av centrifugalpumper .....	35
4.5.1 Generelle erfaringer .....	35
4.5.2 Virvelhjulspumper .....	36
4.5.3 Kanalhjulspumper .....	36
4.5.4 Skivepumper .....	37
4.5.4 Skruescentrifugalpumper .....	37
4.6 Konkrete erfaringer ved bruk av fortrengningspumper .....	38
4.6.1 Eksenterskruepumper .....	38
4.6.2 Stempelpumper .....	43
4.6.3 Løberotorpumper .....	44
4.6.4 Slangepumper .....	45
4.7 Maseratorer og knivpumper .....	45
4.8 Skruer .....	46
4.9 Erfaringer fra valg av pumpesystem .....	47
4.10 Livsløpsanalyser ved valg av pumper .....	47
Kap 5. Erfaringer fra industrien og andre nye pumpes prosjekter .....	48
5.1 Erfaringer fra industrien .....	48
5.2 Nye pumpes prosjekter og pumpetyper .....	48
5.2.1 Nye pumpes prosjekter .....	48
5.2.2 Nye pumpetyper .....	48
6.2 Hvordan vil fremtidens slambehandling bli seende ut, og hvordan vil dette påvirke slampumpingen ? .....	50
Vedlegg 1 : Oversikt over anlegg med ulike typer slampumper .....	51
Vedlegg 2 : Eksempler på pumpekarakteristikker for fortrengnings- og centrifugalpumpe ..	58

## SAMMENDRAG

Rapporten belyser en del viktige elementer en skal være oppmerksom i forbindelse med valg av nye pumper. Rapporten setter også fokus på de største utfordringene innenfor drifts- og vedlikehold av slampumper, og kommer med råd og tips i denne sammenheng.

### Ulike typer slampumper

I utgangspunktet er det to hovedgrupper slampumper; centrifugal- og fortrengningspumper. Disse pumpetyperne dekker generelt sett to ulike behov innenfor pumping av slam. Sentrifugalpumper benyttes mest for pumping av slam med lav TS opp til 3-4 %, mens fortrengningspumper benyttes i området fra 3-4 % og helt opp til 35-40 % TS. Den vanligste centrifugalpumpen er virvelhjulspumpe som bl.a. benyttes til pumping av sedimentert slam og pumping fra sandfang. Blant fortrengningspumpene er eksenterskruepumper den mest benyttede pumpetypen. Denne pumpen kan benyttes til alt fra pumping av sedimentert slam til pumping av avvannet slam opp i 30-35 % TS.

### Viktige elementer ved nyanlegg

Et viktig moment i forbindelse med valg av nye slampumper er å være oppmerksom på at ”slam ikke bare er slam”. Mer eller mindre alle avløpsrenseanlegg har sin spesielle type slam, som ved pumping kan oppføre seg svært forskjellig i forhold til et annet anleggs slam. For å få valgt den rette pumpen for slammet, er det viktig å få på plass et skikkelig dimensjoneringsgrunnlag.

I et slik arbeid er bl.a. følgende elementer viktige :

- Kjennskap til forhold i slammet som; TS/VS-innhold og viskositet, pH, temperatur, innhold av fiber og sand, type slam som; mekanisk-, kjemisk-, biologisk-, septikslam mm.
- Hvor mye slam skal pumpes. Kapasitet målt i m<sup>3</sup>/h, samt evt. forventet kapasitetsendringer i fremtiden.
- Kontinuerlig/diskontinuerlig drift av pumpen.

I tillegg til å få på plass dimensjoneringsgrunnlaget for selve pumpevalget, er det like viktig å legge til rette for et funksjonelt system rundt selve pumpen. Her tenkes spesielt på riktig dimensjonering og utforming av rørstrekker til og fra pumpen, samt plasseringen av pumpen i anlegget. Spesielt viktig er tilgjengelig hoydeforskjell mellom pumpe og mediet som skal pumpes. Viktig er det også å ha ledningsstrekker som har minst mulig friksjonstap, slik at en helst får trykk på sugesiden av pumpen. Andre viktige elementer som en skal vurdere i tilknytting til pumpesystemet er bl.a. :

- Pumpemotor
- Spyletilgjengelighet på ledningsstrekker
- Overtrykks- og tørrkjøringsbeskyttelse
- Akseltetninger

En av konklusjonene fra rapporten er at en ved innkjøp av pumper må tenke hva som er den beste og billigste løsningen gjennom et livsløpsperspektiv for en pumpe. Inkludert i et slikt perspektiv kommer innkjøpspris, strømforbruk, tid og penge til drift og vedlikehold av pumpen mm. Det er sjeldent den pumpen som er billigst i innkjøp kommer billigst ut ved vurdering av livsløpskostnadene til pumpen.

## Arsaker til drifts- og vedlikeholdsutfordringer

Pr. i dag er det til dels store drifts- og vedlikeholdsutfordringer innenfor slampumpeområdet. De viktigste årsakene til utfordringene skyldes innholdet av slitepartikler som sand, samt innholdet av fiber og filler i slammet. Andre elementer som påføre anleggene drifts- og vedlikeholdsproblemer er feildimensjonering av pumper og systemet rundt, samt mangl på driftsoptimalisering.

For å løse slitepartikkelfordringene må en enten forhindre at sand kommer inn i ledningsnettet, eller få holdt sanden bedre tilbake i sandfanget på anlegget. Det ligger store optimaliseringspotensialer i sandfangene rundt om i de norske renseanleggene. For å forhindre gjenneltingsproblemene i pumper og rør pga filler og fiber, har flere av anleggseiene installert såkalte fillepessorer/lillepellere. Pressene holder tilbake filler og fiber, og anleggseiene som har installert utstyret er svært fornøyde.

For alle typer pumper er driftsoptimalisering viktig for levetiden til pumpen. De viktigste elementene er :

- Optimalisering av turtall på pumpen
- Optimalisering av frekvensene for start-stopp av pumper
- Optimalisering av driftstiden til pumpene

## Driftserfaringer med sentrifugalpumper

At fiber sletter seg fast på løpehjul på virvelhjulspumper er en vanlig problemstilling. Løsninger med tilbaketrukket løpehjul med høyt nok turtall for selvrensing, har erfaringsmessig vært med å redusere problemene. Ved sandfangspumping er det viktig å velge riktig materiale på løpehjul og hus, eller evt. belegge dem for å få økt levetiden.

## Driftserfaringer med fortreningspumper

Fortreningspumper er de mest benyttede slampumpene i Norge i dag. Den dominerende slampumpetypen er eksenterskruepumper. Eksenterskruepumpen er generelt en driftssikker og god pump. Driftserfaringene med pumpetypen er generelt bra. På anlegg med mye slitepartikler i slammet har en problemer med for rask slitasje av stator og rotor. For å redusere slitasjeproblemen må en enten redusere slitasjedelen i slammet eller driftsoptimalisere pumpen bedre. Underdimensjonering av pumper med dertil drift ved for høyt turtall, er en typisk årsak til for rask slitasje.

Lobrotorpumper er en fortreningspumpe som er forholdsvis lite benyttet i Norge. Erfaringene med pumpen er blandet. Pumpen prøves for tiden ut på flere norske anlegg, og foreløpig ser resultatene lovende ut. Prøvetiden er foreløpig for kort til å kunne si om lobrotorpumpene har kommet over de tidligere problemene pumpene var kjent for.

Stempelpumper benyttes kun på et fåtalls anlegg i Norge, og aller helst på de største anleggene i forbindelse med pumping av spesielt tørt slam. Erfaringene med pumpene er meget bra. De er driftssikre og krever lite vedlikehold. Ulempen med pumpene er at de er svært dyre i innkjøp.

# KAP 1. INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn

Det foreligger en god del ulike erfaringer med løsninger for pumping av slam ved avløpsrens- og slambehandlingsanlegg, men disse erfaringene er ikke sammenstilt. Flere av NORVARs medlemmier har yrt ønske om at slike erfaringer bør innhentes og sammenstilles.

## 1.2 Målsetting

- Kartlegge benyttede løsninger for pumping og skriving av slam fra slammestasjonen ved en TS på 1-5 %, til tørrslampumping etter avvanning ved TS på mellom 30-40 %. Med bakgrunn i dette skal det oppsummeres positive og negative erfaringer.
- Bruke innhentede erfaringer fra norske forhold til å komme med veiledering og tips til valg av riktige pumper, samt tips rundt optimalisering av eksisterende pumpesystemer.
- Innhente relevante erfaringer fra industrien og avløpsverk i Norden.
- Komme med gode råd, tips og forslag til videre utvikling/utprøvinger for å optimalisere kvaliteten og driftssikkerheten innefor slampumping.

## 1.3 Definisjoner

Under følger noen definisjoner og hva vi legger i uttrykkene i denne rapporten.

**Driftsstans :** Den tiden en pumpe er ute av drift.

**Fortrengningspumper :** I denne rapporten er følgende pumpetyper plassert inn under kategorien fortrengningspumper ; eksenterskruepumper, lobepumper, stempelpumper og slangepumper.

**Livstøps-analyser :** Analyser som ser på totalkostnadene til et produkt fra det kjøpes inn til det er utrangert. Dette inkl. bl.a. innkjøpspris, drifts- og vedlikeholdsomkostnader, energikostnader, levetiden til pumpen, kostnader knyttet til at produktet er ute av drift, mm.

**NPSH :** Net Positive Suction Head. NPSH er lik forskjellen mellom totaltrykket på pumpens sugeside og væskens fordampningstrykk målt i meter væskesøyle.

**Sentrifugalpumper :** I denne rapporten er følgende pumpetyper plassert inn under kategorien centrifugalpumper ; virvelhjulspumper, kanalhjulspumper, skive-/friksjonspumper og skruescentrifugalpumper.

**Trykktrinn :** Et begrep som benyttes i forbindelse med eksenterskruepumper. Et trykktrinn på en ny pumpe gir 6 bars trykkökning, to trykktrinn gir 12 bars trykkökning osv. Begrepet er et standard begrep som benyttes av alle leverandører innenfor området.

**TS :** Totalt tørrstoffinnhold.

**Viskositet :** En væskes viskositet er et mål for hvor tregtflytende den er, eller hvor stor dens motstand mot bevegelse er. Viskositet kan måles i dynamisk- og kinematisk viskositet. Dynamisk viskositet ( $\text{kp s/m}^2$ ) = Kinematisk viskositet \* densiteten.

**VS :** Totalt innhold av flyktig stoff.

## KAP 2. ULIKE TYPER SLAM OG AVLØPSSTOFFER

### 2.1 Innledning

Allerede ved noen få prosent TS begynner strømningsegenskapene og dermed friksjonsmotstanden til slam å avvike fra vannets egenskaper. Innholdet av fett, filler, fiber og slitepartikler i slammet kan føre til avleiringer og slitasjeproblemer i rør og pumpesystemer. De største problemene ved slampumping i Norge i dag skyldes innholdet av slitepartikler i slammet. Et annet stort problem er fiber som gjennom ulike ledd i slamprosessen kan finn opp seg sammen og skape gjentellingsproblemer.

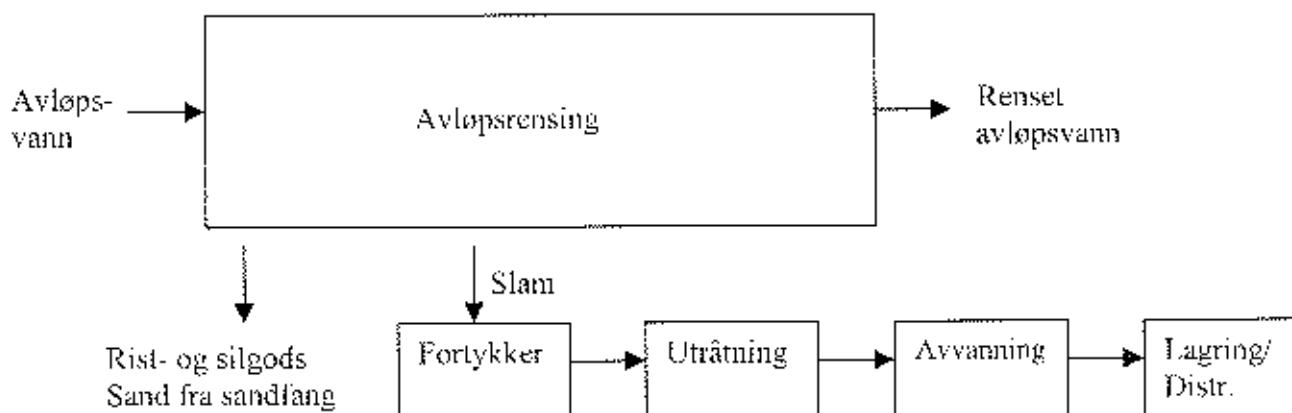
Ved valg av slampumpe er det derfor viktig å være oppmerksom på hvilke type slam en har og hvordan dette oppfører seg ved pumping.

Det vil være stor forskjell fra slamttype til slamttype avhengig av avløpsvannets sammensetning og hvilke renseprosess en har.

Det er en del forhold en skal være oppmerksom på i forbindelse med vurderinger av hvilke type pumper som eigner seg til slampumping.

Eksempelvis kan nevnes slammets innhold av sand/mineraler, fiber, lav eller høy pH, TS- og VS-innhold, temperatur, forventet forandring av hydraulisk kapasitet eller innhold i avløpsvannet, mm. Dette er elementer som må sjekkes ut i forbindelse med valg av pumper.

Under følger et forenklet flytskjema som viser slammets transportvei i et avløpsrenseanlegg.



Figur 2.1 Skjematisk visning av slammets vei i et avløpsrenseanlegg

### 2.2 Rist- og silgods

Denne type medium er svært lite homogent og blir vanligvis transportert med skruer eller transportbånd i anlegget. Rist- og silgods behandles vanligvis separat fra selve slambehandlingen.

### **2.3 Medium fra sandfang**

Sandfanget i et renseanlegg er bygget for å holde tilbake sand og andre former for slitepartikler fra avløpsvannet.

Sandfang er ofte knyttet sammen med fettfang, der fettet tas ut ved overflaten. Mediet som skal pumpes ut fra sandfanget inneholder mye slitepartikler og en må derfor velge pumper og materiale i pumpen med stor mekanisk slitestyrke. Medier som skal pumpes ut av sandfangene er som regel forholdsvis homogent, da sandfangene er dimensjonert for å få sedimentert ut partikler over en viss sedimenteringshastighet. Virvelhjulspumper og mammalpumper er de vanligste pumpetypene som benyttes. Ved pumping av sand fra sandfang er det viktig at kapasiteten til pumpen og diametern på rørene ut fra sandfanget blir tilpasset slik at hastigheten i rørene er så høy at sanden som pumpes ikke sedimenterer og tetter igjen rørene.

### **2.4 Septikslam**

Septikslam er nok den av slamtypene som er minst homogent, og derfor setter sine helt spesielle krav til pumping. I septikslam vil en typisk kunne ha mye fiber, filler og annet "avløpsseppel". Slammet er også svært koncentrert på forurensninger. Ved pumping av septikslam bør en derfor ha en form for homogenisering og oppkutting i forkant for pumpen, slik at en reduserer gjentettingsproblemet og slitasjen på etterfølgende pumping.

Homogeniseringen kan foretas ved kverning eller ved bruk av maserator/kutter.

### **2.5 Mekanisk slam fra silanlegg eller sedimentering**

I forkant av denne typen rensing har det som regel både vært rister/grov-siler og sand-/fettfang. Slammet som sedimenterer vil derfor være forholdsvis homogent og vil bestå av en del uorganisk material som mindre sandpartikler, men også en del organisk materiale og næringsstoffer. Slammet har ikke spesielt gode sedimenteringsegenskaper og TS i slamlommene vil derfor ligge i området 2-3 %. Slammet er forholdsvis enkelt å pumpe.

### **2.6 Kjemisk felt slam**

Kjemisk felt slam er forholdsvis homogent, noe som gjør slamtypen enklere å pumpe. Pga at sedimenteringsegenskapene til denne type slam blir påvirket ved tilsetting av fellingskjemikalie, kan en oppnå høy TS i slamlommene. TS kan komme opp i 5 % avhengig av type slamlomme og fellingsprosessen.

Det en skal være spesielt oppmerksom på ved pumping av kjemisk felt slam, er hvilke fellingskjemikalie som benyttes. Flere fellingskjemikalier har pH som ligger i det sure området av pH-skalaen, og er derfor svakt etsende. Ved feil valg av materiale i pumpen kan dette føre til store korrasjonsskader.

### **2.7 Biologisk slam**

Biologisk slam er som regel homogent og forholdsvis ukomplisert å pumpe. pH i biologisk slam ligger i området 7,0-7,5 og pumping av denne type slam setter derfor ikke så strenge krav til materialvalget i pumpen.

## 2.8 Utråtnet slam

Utråtnet slam kjennetegnes av en høy ledningsmotstand. Slammel er derimot meget godt homogenisert og som regel lett håndterbart. Et problem som kan oppstå ved utråtnet slam er at del inneholder mye klumper av fiber ol. som har snokket seg sammen ved omringingen i råtnetanken. PH ligger i området 7,0-7,5 og gir derfor ingen spesielt strenge krav til materialvalg.

## 2.9 Klassifisering av slam

Avhengig av hvor i renseprosessen vi befinner oss vil TS og VS %-innholdet i slammel variere. Det er i dette prosjektet valgt å dele slammet inn i 3 ulike klasser, vist i følgende tabell.

*Tabell 2.1. Ulike slamgrupper oppdelt etter TS-innhold*

Navn på slamtype	TS i %
Sedimentert slam	1-4
Fortykket slam	4-10
Avvannet slam	18 - 40

**Sedimentert slam** omfatter slam fra mekaniske-, kjemiske- og biologiske-reseprosesser. Gruppen inkluderer også slam fra mekaniske silanlegg. Sedimenteringsegenskapene er ulike for de ulike slamtypene, noe som fører til at slammel som pumpes fra slamlommene varierer innenfor området 1-4 % TS.

**Fortykket slam** : Etter at slammel pumpes fra sedimenteringsbassenger går ofte slammel til fortykking før det transporteres videre til avvannning eller råtnetank. Fortykkingsprosessen benyttes for å redusere behovet for kapasiteten på etterfølgende avvanningsutstyr, samt driftstiden på utsyret. Ved fortykking av slam tilsettes ofte polymerer for å forbedre snokkannelsen og dermed sedimenteringsegenskapene til slammel. Polymeren fører til økning i viskositeten til slammel. Dette fører til at slam med samme TS %, men med og uten polymer, ikke har samme egenskaper rent hydraulisk. Dette er viktig å huske ved beregninger av bl.a. friksjonstap i ledninger.

**Avvannet slam** varierer mye i TS % avhengig av hva anleggsseieren ønsker å benytte slammel til. Avvanningssegenskapene til slammel og kvaliteten til avvanningsutstyr er viktig faktorer med tanke på å oppnå den TS % en ønsker på slammel. Ved pumping av avvannet slam skal en være klar over at det er meget stor forskjell på å pumpe slam med 18- og 40 % TS.

## KAP 3. ULIKE TYPER PUMPER OG SKRUER TIL TRANSPORT AV SLAM

I det følgende vil det bli gjort en kort gjennomgang av de vanligste pumpetypene som finnes på pumpemarkedet i Norge pr i dag. Det vil bli presentert hvordan de fungerer og innenfor hvilke type slampumping de er best egnet, samt hvorfor de egner seg til denne type pumping. Tilsvarende kort presentasjon vil bli gjort av skruer.

### 3.1 Sentrifugalpumper

Det finnes ulike typer centrifugalpumper ute på markedet, bl.a. virvelljulspumper, kanalljulspumper med 1 til flere kanaler, skivepumper og skruescentrifugalpumper.

Sentrifugalpumper benyttes ofte til pumping av slam med lavt TS-innhold opp i mot 3-4 % TS, og ved behov for liten trykkökning. Får en høyere TS enn 3-4 % er det ofte vanskelig å få en jevn og bra drift av pumpene. Det finnes derimot noen modeller av centrifugalpumper som også kan pumpe høyere TS-konsentrasjoner, eksempelvis skivepumper. Ved behov for pumper som dekker høyere TS og trykk benyttes fortreningspumper. Sentrifugal- og fortreningspumper dekker i hovedsak hvert sitt område, og det er derfor lite konkurransesumpetypene i mellom.

**Virkningsgraden** til centrifugalpumpene varierer mye fra pumpe til pumpe, og ligger innenfor området 15 – 70 % avhengig av viskositeten til mediet som pumpes og optimal drift av pumpene. Pumpene er følsomme for viskositetsforandringer og virkningsgraden kan dersør variere mye. Generelt ligger virkningsgraden til centrifugalpumper høyere enn for fortreningspumper.

**Levetiden** til centrifugalpumper er som regel meget lang og ligger mellom 100.000 til 150.000 timer ved riktig drift og bruk.

**Anvendt trykkområde** til pumpene ligger som regel i området 1-2 bar, men kan for enkelte pumper gå opp i 5-6 bar. Sentrifugalpumper som benyttes til slampumping er dårlig egnet for pumping med lange overføringsledninger med stort friksjonstap. Det er ikke vanlig at pumpene har noen sugeevne.

**Kapasiteten** til pumpene er god, og de er egnet for å pumpre stor mengder slam med TS i området 1-4 %.

**Driftsbetingelser** : Sentrifugalpumper er best egnet til kontinuerlig pumping, men kan også benyttes til diskontinuerlig pumping. Pumpene er svært følsomme for viskositetsforandringer, som forandring i TS-konsentrasjonen i mediet som skal pumpes. Dette fører til at pumpene ikke gir stabil mengde ved pumping. Dette kan delvis reguleres med frekvensstyring. For å få en god og jevn drift av pumpene er det svært viktig at en treffer det optimale driftsområdet i pumpekarakteristikken til pumpen.

Før å få en jevn og god drift bør ikke slammet overstige 2-3 % TS. Spesielt viktig er dette for virvelhjuls- og kanalhjulspumper.

Et generelt råd vil være å bruke centrifugalpumper så langt det lar seg gjøre både pga økonomi, levetid og sikker drift. Men som det fremgår har centrifugalpumper helt klart sine begrensinger pga finfølsomhet for viskositetsforandringer, samt trykkøkning, og arbeidsområdet blir dersør begrenset.

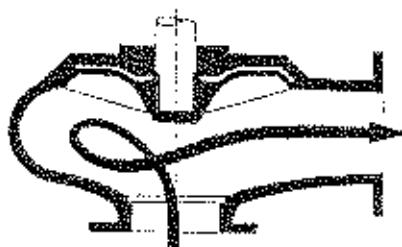
Som det vil fremgå av rapporten dekker centrifugalpumper og fortreningspumper i utgangspunktet forskjellige typer pumpeområder, og konkurrerer dersør lite om samme typer pumpeinstallasjoner. Det vil dersør ikke bli lagt vekt på å sammenligne fordeler og ulemper mellom de to ulike "pumpe-familiene".

### 3.1.1 Virvelhjulspumper

**Virkningsgraden** ligger i området 30-45 % når pumpen er ny.

**Trykkøkning :** Pumpetypen har liten trykkøkningsevne. Vanligvis benyttes pumpene til økning av trykket opp til 1-2 bar.

**Driftsbetingelser :** Virvelhjulspumpen er egnet for pumping av mindre homogene slamtyper pga sin store pumpeåpning, med øertil redusert gjentettingsproblematikk. Eksempelvis er den godt egnet for pumping av medium fra sandfang. Pumpene føres med ulike typer utforming av virvelhjul, samt ulike plasseringer av hjulet inne i pumphuset. Dette tilpasses avhengig av hvilke type slam som skal pumpes.



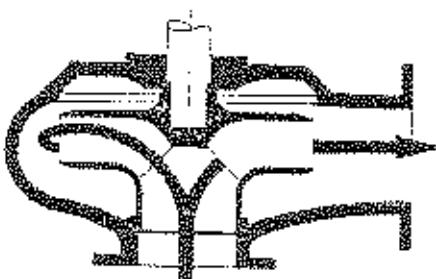
Figur 3.1 Bilde viser en virvelhjulspumpe. Pilen viser strømningsbildet gjennom pumpen.

### 3.1.2 Kanalhjulspumper

Kanalhjulspumper kan fås med ulikt antall kanaler, som regel fra 1 til 3 kanaler. Pumpetypen fås også med og uten skjæreanordning for oppkutting av større gjenstander som fiber og filler som er på vei inn i pumpen.

Virkningsgraden til pumpen øker med økt antall kanaler.

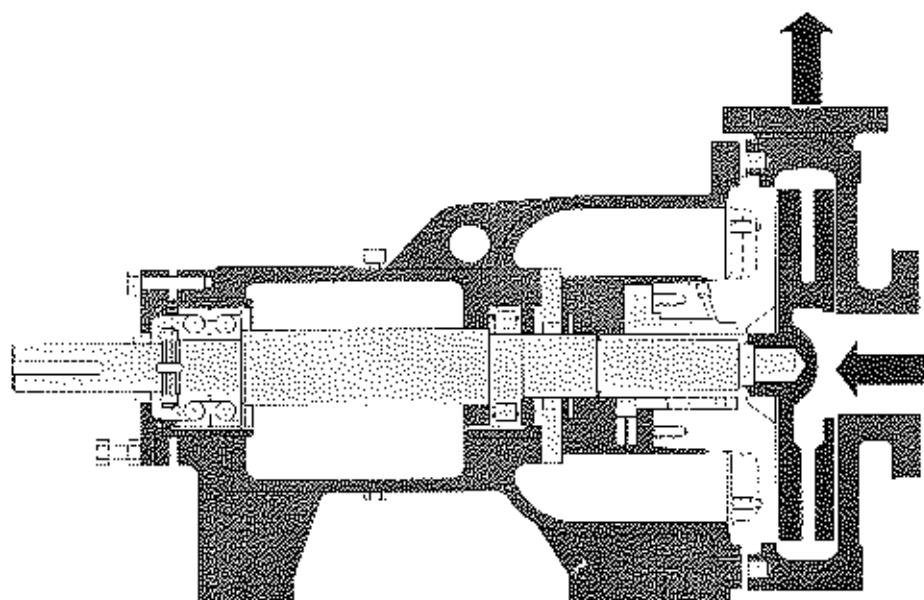
Gjenettingsproblematikken til pumpen øker tilsvarende med økt antall kanaler. Pumpetypen er lite benyttet til slampumping, men benyttes derimot en del på pumpestasjoner for avløpsvann.



Figur 3.2 Bildei viser en kanalhjulspumpe og pilene viser strømningstrekningen i pumpen.

### 3.1.3 Skivepumper

Skivepumper er til dels nytta innenfor slampumping i forbindelse med avløpsanlegg i Norge. Det er pr i dag kun FREVAR som har installert pumpen. Skivepumpen benyttes til pumping av fortykket kjemisk slam ved 5 % TS. Pumpetypen har en vesentlig større utbredelse innenfor prosessindustrien.



Figur 3.3 Skisse over skivepumpe inkl. pumpelhus, pakninger, aksling mm. Pilene viser strømningstrekningen gjennom pumpen.

**Virkningsgraden** for pumpen er forholdsvis dårlig og ligger i området 15-30 % når pumpen er ny. Virkningsgraden er avhengig av mediet som pumpes og hvor mange skiver som benyttes i pumpen. Virkningsgraden øker med antall skiver. Tilsvarende øker risikoen for gjentøtting med økt antall skiver. For slampumping er det aktuelt med 2 til 3 skiver i pumpen.

**Kostnadsmessig** er pumpen dyr i innkjøp i forhold til virvel- og kanalhjulspumper. Reservedeler til pumpen er også dyre, men pumpene skal være slitesterke med minimalt behov for reservedeler.

**Trykkokningsevnen** til denne type pump er vesentlig høyre enn for de andre centrifugalpumpene. Pumpen på NORVAR har vært benyttet for pumping opp i 5-6 bars trykk. Installasjonen er forholdsvis ny (installert i -98), og vil bli spennende å følge opp videre. Pumpen har ikke sugeevne.

**Driftsbetingelsene** ved denne type pump er også forskjellig i forhold til de andre typene centrifugalpumper. Pumpen skal kunne pumpe høyere TS-konsentrasjoner enn virvel- og kanalhjulspumper. Ved NORVAR har en i korte perioder pumpet slam med opp i 10 % TS med pumpen.

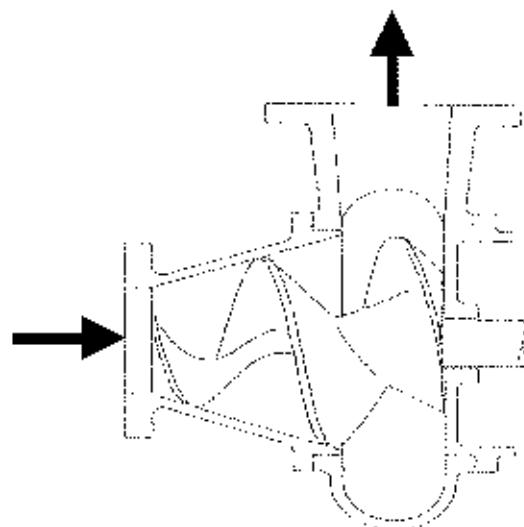
Prinsippet for pumpen går på bruk av roterende skiver for å skape det ønskede trykket. På denne virkemåten kalles også pumpene for friksjonspumper.

På at pumpen er forholdsvis følsom for viskositetsforandringer bør en benytte frekvensomformer for å regulere trykk og mengde. Denne type pump er ikke egnet for pumping av vann og lett håndterlige medier på den dårlige virkningsgraden, men egner seg for typisk problempumpe-områder.

Pumpen kan kjøres mot stengt ventil uten at pumpen havarerer. Ved lengre kjøring mot stengt ventil vil temperaturen i mediet kunne bli så høy at pumpen kan skades. Pumpetypen tåler også tørrkjøring hvis den er utstyrt med dobbel mekanisk pakning.

### 3.1.4 Skruesentrifugalpumper

Denne type pumpe er forholdsvis lite benyttet i forbindelse med slampumping i Norge. Pumpetypen ble introdusert på det norske markedet i forbindelse med bygging av slambehandlingsanlegg med UTB-prosessen (aerob forbehandling og anaerob utråtning). Leverandøren av prosessen ville benytte skruesentrifugalpumper. Pumpene benyttes bl.a. i Porsgrunn på Knardalstrand renseanlegg og FREVAR (FREVAR har ikke UTB-prosessen).



Figur 3.4 På tegningen gjengis en skruesentrifugalpumpe, der pilene viser strømningstrekningen gjennom pumpen.

Pumpetypen skiller seg fra de andre centrifugalpumpene ved at den har et forlenget pumpehjul ut av pumphuset, som består av en skrue. Denne skrue-enheten gjør det enklere å få transportert slam inn i pumphuset, der pumpehjulet utfører selve slamtransporten.

**Virkningsgraden** til pumpetypen ligger i samme området 30-50 % når den er ny.

**Trykkøkningsevnen** til pumpene ligger opp i mot 3-4 bars mottrykk. Pumpene har ingen sugekapasitet.

**Driftsbetingelser :** Pumpetypen er pga sin skrueutforming ikke så følsom for viskositetsforandringer som kanallhjul- og virvelhjulspumpene. Pumpene ble i sin tid dimensjonert for pumping av utråtnet slam ved 6-7 % TS ved UTB-prosessen.

### 3.2 Fortrengningspumper

Det finnes ulike typer fortrengningspumper på det norske markedet. De vanligste pumpene er eksenterskrue-, stempel-, lobe- og slangepumper.

Fortrengningspumper blir ofte benyttet for pumping av slam fra 4-5 % TS og opp til 35-40 % TS. Pumpene er konstruert for å pumpe slam ved høyt trykk og med lav til middels mengde belastning i området 5-30 m<sup>3</sup>/time.

**Virkningsgraden** til fortrengningspumpene er generelt lavere enn for centrifugalpumper, og ligger i området 25-40 % når pumpene er nye.

**Kostnadsmessig** er fortrengningspumpene som regel dyrere enn centrifugalpumpene både ved innkjøp, i drift og med tanke på reservedeler. Sentrifugal- og fortrengningspumper konkurrerer sjeldent om den samme pumpeninstallasjonen, da de dekker forskjellige slamoindråder.

**Levetiden** til denne type pumpar varierer fra type til type, men generelt er levetiden vesentlig lavere enn for centrifugalpumper. Dette skyldes at pumpetypen benyttes til pumping av høyere TS-konsentrasjoner, med dertil større slitasjepotensiale. Levetiden varierer mye fra anlegg til anlegg avhengig av hvor dyktig en har vært med dimensjoneringen, andelen slitasjepartikler i slammet, samt type fortrengningspumpe som benyttes.

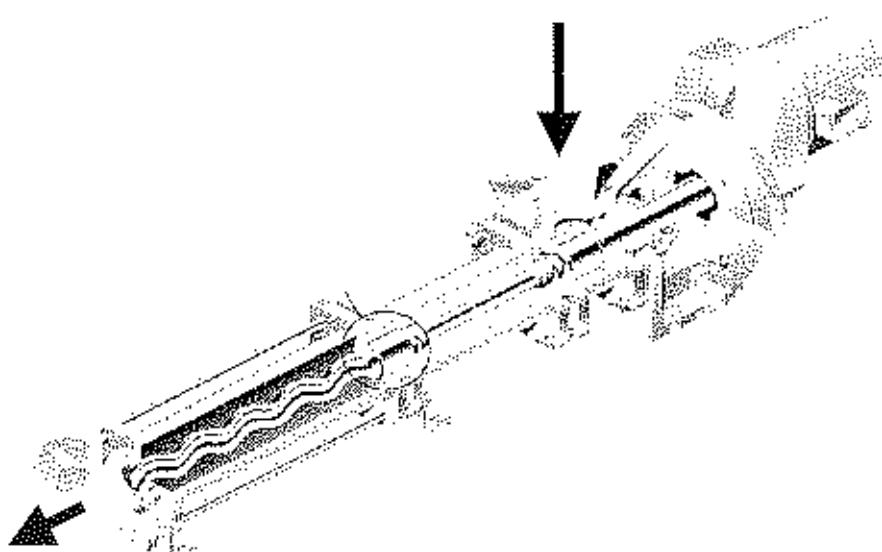
**Trykkøkningsevnen** til fortrengningspumper er generelt meget bra, og ligger godt over hva som er mulig med centrifugalpumper. Fortrengningspumpen kan benyttes til pumping opp i 70-80 bars mottrykk. Vanligvis benyttes pumpene for pumping innenfor trykkområdet 2-4 bar og opp i 20-25 bar ved tørrslampumping.

**Kapasiteten** til pumpene er mindre enn for centrifugalpumper, men da en som regel pumper tørrere slam, er dette ikke noe vesentlig element.

**Driftsbetingelser** : En fordel med fortrengningspumper er at de ikke er så følsomme for viskositeten i slammet, og derfor gir en stabil og bra mengdelevering av slammet. Tilsvarende som for centrifugalpumper er det viktig at pumpen blir dimensjonert riktig både med tanke på optimal drift og for å få redusert drifts- og vedlikeholdskostnadene. Fortrengningspumpene er derimot ikke så sårbarer for små feil i trykktapsbergningen som flere av centrifugalpumpene er.

### 3.2.1 Eksenterskruepumper

Eksenterskruepumper er den desidert vanligste slampumpetypen brukt i norske avløpsrenseanlegg i dag. Det skyldes i først omgang at pumpene er forholdsvis rimeligere i anskaffelse enn de andre typene fortrengningspumpene, samt at de generelt er sikre i drift.



Figur 3.6 Bildet viser en eksenterskruepumpe. Pilene på bildet viser slammets normale transportretning gjennom pumpen.

**Virkemåte :** Pumpen bygger på fortrengningsprinsippet for å få transportert slammet frem gjennom pumpen. Pumpen består av en stator, som er stasjonær og ligger i ro inne i pumphuset, og en rotor som presser slammet frem.

**Drift og vedlikehold :** Pumpene er generelt sikre i drift. Vedlikeholdsbehovet til eksenterskruepumper er avhengig av hvordan pumpen er dimensjonert og tilsørsl av slitepartikler med slammet. Ved tilsørsl av mye slitepartikler vil friksjonen mellom stator og rotor øke med derved redusert levetid. Det er vanskelig å si om eksenterskrupumpene er mer utsatt for slitasje av denne typen enn andre fortrengningspumper. En tommelfinger-regel sier at statoren slites ut dobbelt så raskt som en rotor.

**Levetiden** til denne type varierer stort fra anlegg til anlegg, avhengig av dimensjonering og slitepartikkels-/TS-innholdet i slammet.

**Pris :** Pumpetypen er generelt den billigste av fortrengningspumpene.

**Plassbehov :** Pumpene er ikke spesielt plasskrevende sammenlignet med de andre fortregningspumpene.

#### **Medium og trykk/sug-egenskaper:**

Eksenterskruepumper kan benyttes fra pumping av vann til pumping av slam opp i området 30-35 % TS. Ved kalkinblanding i slammet har pumpene vært benyttet til pumping av slam-kalkblandinger på opp til 40 % TS.

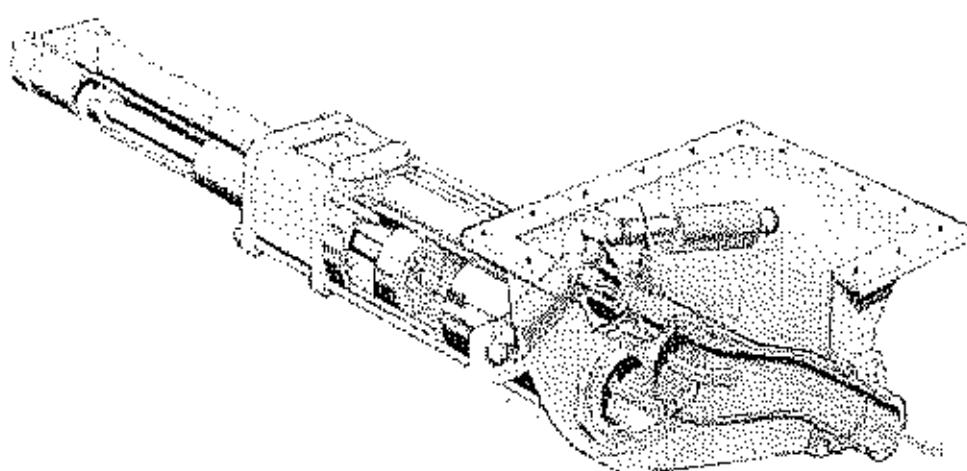
Eksenterskruepumper har et høyt potensiale på trykkøkning enn bl.a. lobe- og slangepumper. Avhengig av valg av trykktrinn på pumpene kan eksenterskruepumper benyttes til å pumpe helt opp mot 48 bars trykk.

Vanligvis benyttes ikke pumpen til mer en 24 bars trykk. Som regel klarer hvert trykktrinn 6 bars heving av trykket, med 4 trykktrinn nåes dermed 24 bar. Pga slitasjeproblematikk og levetidsvurderinger dimensjonerer leverandørene ofte kun med 4 bars trykkøkning pr. trykktrinn. Pumpene har også brukbare suge-egenskaper.

**Virkningsgrad :** Virkningsgraden til pumpene ligger i området 35-45 % når pumpene er nye.

#### **3.2.2 Stempelpumper**

Stempelpumper er sjeldent benyttet i norske anlegg. Det finnes noen få pumper på de største renseanleggene for pumping av tørrslam.



Figur 3.7 Bildet viser en stempelpumpe for pumping av avvannet slam. Pilene viser strømningstilgangen på slammet

#### **Virkemåte :**

Som det ligger i navnet drives slammet ut og inn i pumpen via to stempler som i en fase 1 suger slammet inn i pumpen fra eksenpcelvis et slamtrau som vist på bildet over. I neste fase presses slammet ut av pumpen og videre i prosessen.

**Drift og vedlikehold** ved denne typen pumper er generelt minimale ved god driftsing.

**Levetiden** på pumpen er generelt svært lang.

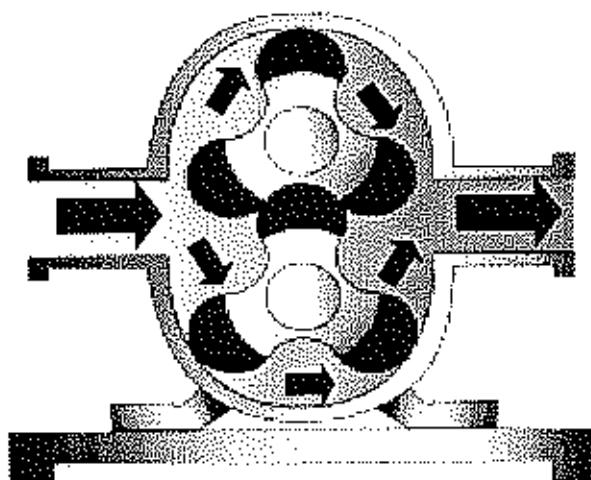
**Prisen** på pumpen er sammenlignet med de andre fortrengningspumpene, høy.

**Plassbehov** : Pumpen krever til dels stor plass.

**Medium og sug-/trykkegenskaper** : Pumpene kan gi ekstremt høyt trykk opp i mot 80 bar, og er derfor egnet for lange oversøringsledninger (300-400 meter) med pumping av tørrslam. Pumpene har ikke sugekapasitet, så slammet må transporteres inn i pumpen ved skruer eller gravitasjon.

### 3.2.3 Loberotorpumper

Loberotorpumper benyttes forholdsvis sjeldent innenfor slampumping i Norge i dag. Pumpene er altså relativt aktuelle for slampumping, og det er flere anlegg som har installert pumpene før uttesting den senere tid. Eksempler på anlegg er Knarrdalstrand renseanlegg, Ladehamnrenen renseanlegg, Sentralrensanlegget Nord-Jæren, samt det nye renseanlegget i Arendal.



Figur 3.8 Bildet viser en to-akslet loberotorpumpe med 3 løber på hver aksling. Pilene på tegningen viser strømningsretningen til mediet gjennom pumpen.

**Virkemåte :** Som en kan se på figur 3.8, drives pumpen ved hjelp av rotasjon av loberotoren inne i pumphuset. Det finnes flere ulike typer rotorer tilpasset ulike typer slam og arbeidsoppgaver. Den vanligste typen for slampumping er loberotorer med 3 lober, tilsvarende vist i figur 3.8. Det finnes også loberotorer med 2 lober. Fordelen med 2 lober på rotoren er at den kan pumpe større partikler, da det er større plass inne i pumphuset. Det finnes også loberotorer som er utformet etter skrueprinsippet. Denne typen rotor er med på å gi en mindre pulserende pumping. Akslinger med tre skruelober er benyttet på både Ladehammeren- og på Sentralrensanlegg Nord-Jæren. Pumpene kan kjøres reversibelt.

**Prisen** på loberotorpumpene ligger som regel noe høyere enn eksenterskruepumpene, og lavere enn slange- og stempelpumper.

**Drift og vedlikehold :** Fordelen med pumpetypen er at det er enkelt og raskt å gjøre vedlikeholdsarbeid. Tilgjengeligheten til slitedelene er enkel. Ved dagens loberotorpumper er det også mulig å skifte ut innvendig pumphusbeskyttelse når den er utslikt. Tilsvarende kan en også bytte ut den ytre gummidelen på selve loberotoren (se figur 3.8). For de minste pumpene er det ikke mulig å skifte kun gummien, her må hele loberotoren skiftes. Pga at pumpen har to akslinger med mekaniske pakninger kan dette føre til økt vedlikehold i forhold til eksempelvis eksenterskruepumper som har en aksling.

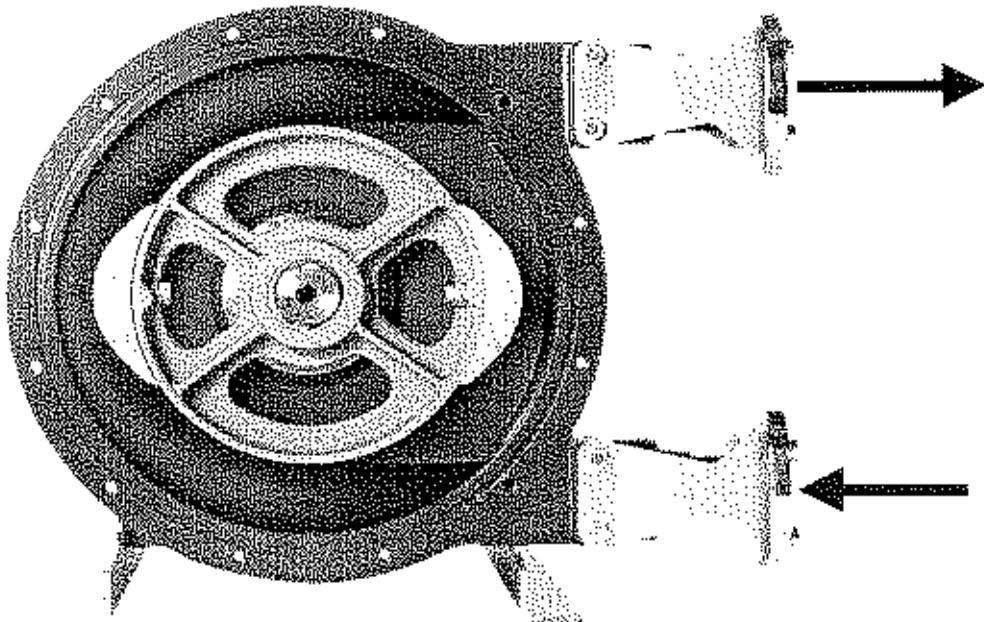
**Plassbehov :** Pumpene tar liten plass sammenlignet dem de andre typene fortreningspumper, og er derfor ideell for anlegg med plassmangel i pumpesentralkanalen.

**Medium og trykk/sug :** Loberotorpumper benyttes i Norge i dag til pumping av slam med 1S opp i mot 6-7 % TS og med mottrykk opp i mot 6-8 bar. Pumpene har brukbar sugekapasitet og gir en pulserende væske-/slamfase ved pumping. Pulseringen kan reduseres ved bruk av skruelober.

**Virkningsgraden** til loberotorpumpene ligger i samme område som eksenterskruepumper, altså i området 35-45 % når de er nye.

### 3.2.4 Slangepumper

Slangepumper er den av fortreningspumpene som er minst benyttet innenfor slampumping på det norske markedet i dag. Pumpene benyttes i VA-bransjen mest i forbindelse med dosering av kjemikalier.



Figur 3.9 Bildet viser hvordan en slangepumpe er oppbygd. Pilene viser slammets strømingsretning gjennom pumpen

**Virkemåte :** Som det ligger i navnet pumpes mediet via en slange. Mediet fraktes gjennom en slange som ligger i et oljebad. Kraften som gjør at mediet transporteres gjennom slangen kommer fra et roterende hjul som skyver mediet gjennom slangen.

**Vedlikehold :** Fordelen med denne type pumper er at en slipper unna akseførtettingsproblematikken, da pumpen ikke har slike. Slangepumper tåler å tørkjøres. Vedlikeholdsarbeidet er lite, og går i hovedsak på skifling av slange og oljebadet slangen ligger i. Ulempon med pumpene er at når slangen er utslett og ryker blir det veldig mye sol inne i pumpehuset, med dertil økt oppryddingsarbeid.

**Pris :** Pumpene er forholdsvis dyre sammenlignet med eksenterskrue- og lobeerotorpumper i innkjøp.

**Plassbehov :** Pumpene tar opp forholdsvis mye større plass enn sine konkurrenter med samme pumpekapasitet.

**Medium og trykk/sug :** Pumpene er egnet til pumping av slam opp i mot 6-8 % TS. Pumpene har meget gode sug-egenskaper, generelt bedre enn lobe- og eksenterskruepumper. Pumpene kan pumpe slam med opp til 12-15 bars mottrykk. Pumpen gir tilnærmet jevn mengde uavhengig av mottrykket. Pumpene er godt egnet for pumping av slitasjemedium, og er bl.a. mye benyttet i metallurgisk industri. Pumpene gir pulsering ved pumping.

### 3.3 Membranpumper

Denne typen pumper er svært lite benyttet i norsk sammenheng. Tidligere var det i bruk en membran/stempelpumpe på VEAS, men denne er i dag satt ut av drift. Denne pumpetypen vil derfor ikke bli nærmere omtalt.

### 3.4 Maserator- og knivpumper

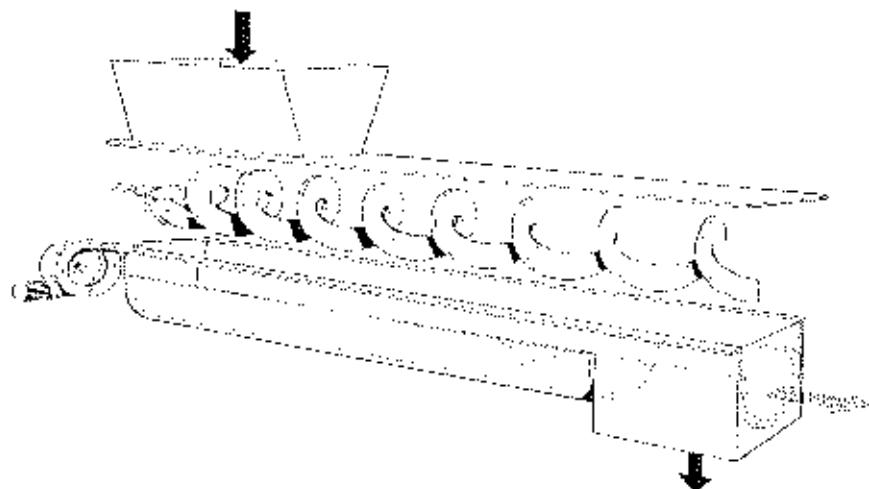
Maseratorer/knivpumper benyttes for å homogenisere og kutte/knuse slammet opp i mindre slampartikler. Dette gjør slammet bedre pumpbart og reduserer slitasjen på etterfølgende utstyr. Pumpetypene er også med å forhindre gjøcotettingsproblemer senere i prosessen.

Maseratorer/knivpumper er å betrakte som spesialutstyr for å håndkes med spesielt vanskelige og uhomogene slamtyper, som eksempelvis septikslam. Maseratorer finnes både som maseratorpumper, med egen pumpeevne, men også som kun maseratorer uten pumpeevne.

Knivpumper er centrifugalpumper med en knivenhet i forkant av selve pumpeminnlopet. Knivpumpene har høyere omracingningshastighet enn maseratorene. Maseratorene ligger i området 300-400 omdr./min., mens en knivpumpene ligger innenfor 1000-3000 omdr./min.

### 3.5 Skruer

Skruer benyttes en del til transport av rist- og silgods, sand fra sandfang og avvannet slam. I hovedsak finnes det to aktuelle typer skruer for slamtransport, sentrifugale skruer og skruer med sentrert aksling, såkalte akselkskruer. Under sees et eksempel på sentrifugale skruer.



Figur 3.10 Bildet viser hvordan en sentrifugale skrue med trau og skyvende transport av mediet er bygget opp. Pilene viser transporten av mediet gjennom systemet.

Den vanligste skruetypen er sentrifugale skruer. Disse benyttes der det ikke er stor helling på materialet som skal skrus. Blir hellingen for stor vil mediet i skruen lekke tilbake gjennom den sentrifugale delen av skruen, og transporten vil ikke bli effektiv. Sentrifugale skruer er mest benyttet for å slippe problemene med at gjenstander henger seg rundt akselen og skaper driftsproblemer.

## KAP 4. ERFARINGER OG TIPS VED PUMPING AV SLAM

I forbindelse med prosjektet er det gjennomført en spørreundersøkelse rundt bruk av slampumper og erfaringer med disse. Med denne undersøkelsen som bakgrunn, samt erfaringer fra arbeidsgruppen og leverandørsiden, vil det i det etterfølgende bli gjennomgått erfaringer og tips ved slampumping.

### 4.1 Status vedrørende slampumping i Norge

Slampumping er sannsynligvis den mest kompliserte formen for pumping innenfor VA-bransjen. Dette gjenspeiles også i innenfor drifts- og vedlikeholdsområdet rundt om i landet.

Generelt er eksenterskruepumper den klart dominerende pumpetypen for pumping av slam i Norge pr. i dag. Pumpetypen benyttes til pumping av slam fra 3-4 % til opp i 30-35 % TS. På slam med lav TS opp til 3-4 % TS benyttes også endel virvelhjulspumper. På slamsasen fra 2 til 7-8 % TS er det flere anlegg som forsøker seg med nye løsninger for å redusere problemene med slitasje og vedlikehold. Aktuelle ny-gamle pumpetyper som testes ut er bl.a. skive- og loperotorpumper.

I vedlegg 1 er det på bakgrunn av innhenteide data fra spørreundersøkelsen satt opp en tabell som viser hvilke typer pumper dekkene i undersøkelsen benytter. Tabellen kan bl. a. benyttes til kontakt anleggene imellom vedrørende forespørsel om deler ved havarier, erfaringer med ulike pumpetyper, mm.

### 4.2 Veiledning ved valg av pumper

I det etterfølgende vil det bli gått inn på en del generelle tips og erfaringer i forbindelse med valg av riktig type slampumpe og prosessen rundt et kjøp.

Ved valg av pumper er det stor forskjell på om en skal kjøpe nye pumper til et nytt anlegg, eller om en skal skifte ut en eksisterende pumper. Ved nyanlegg kan en velge fritt blant aktuelle pumper på markedet. Ved eksisterende anlegg må en ta hensyn til at anlegget skal gå, samt evt. behov for ombygningsarbeider mm.

#### 4.2.1 Utvikling av dimensjoneringsgrunnlag

For å få en pumpe og et pumpesystem til å fungere optimalt er det viktig at en gjør et godt forarbeid for å reduserer risikoen for feil. Pumping av slam er et komplekst system, der det er svært viktig at en ser hele systemet rundt pumpene som en helhet. Dersor er det viktig at alle ledd fra mediets startpunkt gjennom rør og pumper og videre til leveringspunktet sees i sammenheng. Splitter en opp dette systemet er det lett for at noen av delprosessene blir dimensjonert feil, noe som får konsekvenser for de resterende delen også. Et viktig tips er å gjøre ting enkelt, ikke lag en masse kompliserte og uoversiktlige løsninger.

I et forarbeid er det flere elementer som er viktige :

- Kjennskap om slammets innhold og hvordan det "oppfører" seg ved pumping er viktig. Elementer i en slik forundersøkelse er måling/vurdering av bl.a. følgende elementer : TS/VS-innhold og viskositet, pH, temperatur på slammets, innhold av fiber og sand, type slam (mekanisk,- kjemisk-, biologisk-, septikslam mm), osv.
- Hvor skal slammets pumpes fra og til med dertil behov for sug- og trykk-kapasitet. Dette er svært avhengig av lengden på pumpestrekket, antall og typer bend på ledningsstrekket, diameteren på rørsystemene med dertil totalt friksjonstap. Viktig er det også å vite tilgjengelige høydeforskjeller i anlegget.
- Hvor mye slam skal pumpes. Kapasitet målt i  $m^3/h$ . Det bør også tas høyde for evt. forventede kapasitetsendring i fremtiden.
- Kontinuerlig/diskontinuerlig drift av pumpen.

Ved et godt forarbeid med dimensjoneringsgrunnlaget, vil risikoen for valg av feil pumper bli vesentlig redusert. Arbeidet innebefatter litt ekstra ressursbruk og kostnader, men disse vil en høyst sannsynlig få betalt tilbake mangedobbelts via en pumpe som fungerer for den spesifikke oppgaven.

#### 4.2.2 Dimensjonering

For å dimensjonere en pumpe bør en ha følgende oversikter for pumpen :

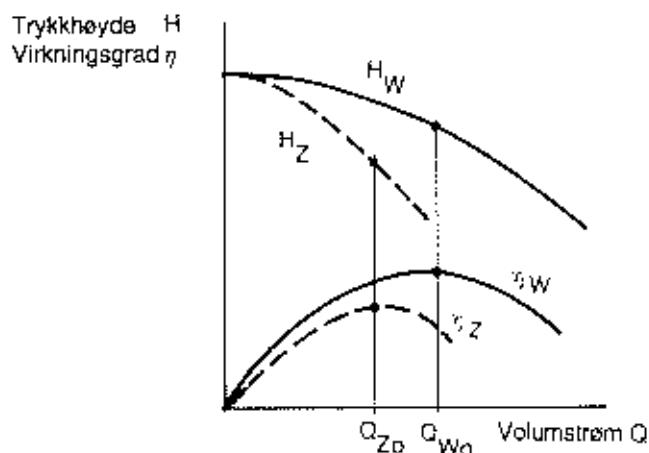
- Diagram som viser pumpehøyde ( $H$  i meter) opp i mot kapasitet  $Q$  ( $m^3/h$  eller l/s)
- Diagram som viser effekt (KW) og virkningsgrad (%)
- NPSH-verdier (se forklaring nedenfor)

Hvis en har disse dataene, samt høydeforskjeller i anlegget og tap via friksjon i ledninger, bend ,ventiler mm. til og fra pumpen, har en de viktigste elementene til å få dimensjonert den rette størrelsen på pumpen og motoren.

I vedlegg 2 er det lagt ved to eksempler på pumpekarakteristikk for en centrifugal- og en fortrengningspumpe. Her ser en at en ved valg av centrifugalpumper har flere faktorer å ta hensyn til enn ved fortrengningspumper. Ved centrifugalpumper skal en optimalisere valget etter både effekt, virkningsgrad, løftehøyde og NPSH-verdi. I forbindelse med dimensjonering av centrifugalpumper er NPSH-verdien til pumpesystemet viktig å beregne i forbindelse med vurdering av evt. kavitasjonsproblemer. NPSH er en forkortelse for Net Positive Suction Head. NPSH deles opp i  $NPSH_{Behov}$  og  $NPSH_{Tilgjengelig}$ .  $NPSH_{Tilgjengelig}$  verdien forteller hvor mye energi som finnes tilgjengelig i den væsken/mediet som skal pumpes på det aktuelle stedet beregningen er foretatt. Alle pumper har et  $NPSH_{Behov}$  pga friksjonstap gjennom pumpen.

Hvis et pumpesystem etter beregninger fra væskens uttak (eksempelvis en slamlomme), gjennom rørsystemet og inn i pumpen har en lavere  $NPSH_{Tilgjengelig}$  enn pumpens  $NPSH_{Behov}$ , tilslører dette at det vil oppstå små dampblåser som ved trykkökning "eksploderer" og skaper kavitasjonsproblemer. En må da enten gjøre noe for å redusere tap av energi i transporten til pumpen, eller velge en pumpe med mindre  $NPSH_{Behov}$ .

I tillegg til at en ved valg av rett centrifugalpumpe har flere faktorer å optimalisere valget etter, er det også viktig å være oppmerksom på centrifugalpumpenes følsomhet i forhold til forandringer i viskositeten. I etterfølgende figur er det vist hvordan pumpens løftehøyde og virkningsgrad kan forandrer seg ved forandring av viskositeten. Denne forandringen kan være til dels dramatisk både for løftehøyden og virkningsgraden.



Figur 4.1 Pumpekurve ved vann-indeks  $W$  og viskøs væske-indeks  $Z$ .  
Punktet med beste virkningsgrad flyttes fra  $Q_{Wn}$  til  $Q_{Zn}$

#### 4.2.3 Samarbeid mellom konsulenter, leverandører og anleggseiere

Ved nye anlegg inngår som regel pumpeleveransen som en del av en større total entreprise. Her er det vanlig at konsulenter beskriver behov for pumpetyper. Leverandør foreslår så pumper ut fra beskrivelsen til konsulent.

I forbindelse med valg av slampumper er et godt samspill mellom anleggseier, konsulent og leverandør svært viktig for å få et godt sluttresultat. Leverandørene som sitter på spisskompetansen vedrørende slampumping bør om mulig trekkes sterkt inn i arbeidet med beskrivelsen av pumpene og pumpesystemet. Dette kan i forbindelse med vanskelige pumpeinstallasjoner være avgjørende for å få et godt pumpesystem.

Ved innkjøp av nye pumper bør en benytte det nettverket vi har i Norge anleggseierne i mellom. Dette bør benyttes til innhenting av nyttige tips og erfaringer fra andre renseanlegg. Også eget driftspersonell sitter som regel inne med nyttig erfaringer som bør tas med i en vurdering av nye pumper. I vedlegg 1 i denne rapporten finnes en oversikt over noen norske avløpsrenseanlegg med deres pumpetyper. Benytt denne tabellen og kontakt andre anlegg for gode råd og tips.

#### **4.2.4 Avtaler**

Et meget viktig ledd i forbindelse med inngåelse av avtale med leverandør er opplæring i drift av pumpene. Det bør være et punkt i anbudet eller avtalen med leverandøren som sikrer dette. I forbindelse med overtagelse av nye pumper er det svært viktig at bestiller/bruker får et hvis minimum av informasjon om pumpen, samt opplæring i drift av pumpen. Dette kan på sikt være med å redusere drifts- og vedlikeholdskostnadene på pumpene vesentlig.

Det er også viktig å holde kontakten med leverandøren etter at pumpen er installert og kjørt i gang. Oppstår det problemer bør leverandør kobles inn. Det kan være kun små justeringer som skal til før å få løst problemet. Et generelt bedre samarbeid mellom bruker og leverandør bør etterstrebnes.

Ved installasjon av nye pumper bør en få i stand en avtale om prøveinstallasjoner der bestiller/bruker får testet ut pumpen i minimum i 3-6 måneder. Dette er spesielt aktuelt ved testing av nye pumpe typer for erstattning av eksisterende pumper. Denne løsningen begynner etter hvert å bli vanlig rundt om hos de fleste leverandører. Fungerer pumpen etter spesifikasjonene kjøpes pumpen, fungerer den ikke må leverandør ta pumpen tilbake vederlagsfritt.

Ved valg av leverandør og ved inngåelse av kontrakt er det viktig å få i stand gode og sikre leveringsavtaler for deler. Det er mulig å få avtaler med leverandørene med rabattordninger på deler. Ved slike avtaler er det også mulig å reduserte leveringstider på deler ved direkte avtaler med delelagrene til produsentene. En vil da kunne komme ned i leveringstider på 2-3 uker.

#### **4.2.5 Ulike pumpetyper sin egnethet for slampumping**

I tabell 4.1 vil det bli gjengitt en generell veiledning i hvilke typer pumper som egner seg for ulike typer pumpearbeider. Det presiseres at veileddningen er generell og at det dersør finnes unntak for det som blir presentert. Tabellen gjengir kun hvor godt pumpen er for pumping av en spesiell slamttype. Tabellen vurderer ikke kostnadene for de ulike pumpetyppene.

Tabel 4.1 Egnetheten for ulike pumper ved pumping av ulike typer slam.  
Pumpene er klassifisert etter følgende prinsipp : + : Godt egnet 0 : Egnet - : Uegnet

Slam type	Centrifugaldumper					Førtreningspumper					Kutterpumper	
	Virvelhjuks- pumper	Kanahjul- pumper	Skive- pumper	Skruesentri- fugapumper	Eksenter- skruerpumper	Stampel- pumper	Løbe- pumper	Stange- pumper	0)	Maserator- knivpumper	-	
Medie fra sandfang	+	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	
Sepifisk slam	0)	-	0	-	0	-	-	-	-	-	+	
Mekanisk slam fra sil eller sedimentering, TS 0-4 %	0)	-	+	0	+	-	-	-	+	+	-	
Mekanisk slam fra sil eller sedimentering, TS 4-10 %	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	
Kjemisk slam, TS 0-4 %	0)	-	+	0	+	-	-	-	+	+	-	
Kjemisk slam, TS 4-10 %	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	
Biologisk slam, TS 0-4 %	0)	0)	+	0	+	-	-	-	+	+	-	
Biologisk slam, TS 4-10 %	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	
Utråttet slam, TS 0-4 %	0)	0)	+	0	+	-	-	-	+	+	-	
Utråttet slam, TS 4-10 %	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	
Avvannet slam < 25 % TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Avvannet slam > 25 % TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

1) Denne typen pumpe er foreløpig ikke benyttet i Norge. NB ! Det er derfor et spesielt grunnlag å vurdere egnethet på bakgrunn av.

2) Pumpene er veldig følsomme for viskositetsforandringer og for høy viskositet, noe en skal vurdere nøyde ved de nevnte tilfellene. Dette viskositetsintervallet vil pumpotypen være godt egnet.

3) Det er svært lite erfaring med bruk av denne typen pumper innenfor stampumping. Vurdering av egnetheten baserer seg derfor på erfaringer fra tilsvarende medier som pumpes i industrien.

4) Det er lite erfaringer med stamping av slam med TS opp i mot 10 %. Ved så høy TS blir en vurdere pumptypens egnethet nøyde.

#### **4.3 Hovedårsakene til drift- og vedlikeholdsproblemer ved slampumping**

De største drifts- og vedlikeholdsproblemene innenfor slampumping i Norge pr i dag skyldes sand/slitepartikler, filler/siber, samt diverse tilstoppinger av ulike slag. I det etterfølgende vil de ulike problemene bli tatt opp, og tips for å redusere problemene vil bli diskutert.

##### **4.3.1 Slitepartikler**

Deler av sanden og slitepartiklene som kommer inn med avløpsvannet havner i slammet og kan føre til store slitasjeproblemer på slampumpene. Problemet med sand og slitepartikler varierer veldig fra anlegg til anlegg.

Det finnes ulike grunner til at en får mye slitepartikler i avløpsvannet og slammet. Under er det gjengitt noen viktige årsaker til problemet sand og slitepartikler og hvordan en kan redusere tilførselen.

##### ***Årsaker til slitepartikkels tilførsel***

Topografien i et område kan være viktig for om en får mye slitepartikler i avløpsvannet. Eksempelvis på sør- og vestlandet der de har mye sand i grunnen, vil sand bli tilført ledningsnettet via sluk og kummer ved regn. Andre forhold som spiller inn er bruken av sand ved strøing av veier om vinteren. Ved mildvær og smelting om våren, får en tilført myc av strosanden til avløpsnettet. Dette gjelder når en har fellessystem. Ved utete skjøter i avløpsnettet vil ofte deler av materialet i omfyllingsmassene lekke inn i avløpsnettet ved høy grunnvannstand, som eksempelvis ved regn.

Det finnes flere måter å forhindre at slitepartikklene kommer inn i renseprosessen. Under vil noen aktuelle løsninger bli gjengitt.

##### ***Redusere tilførselen av slitepartikler tilført avløpsrenseanlegget***

For å redusere tilførselen av sand til renseanlegget er det flere forhold som spiller inn.

- Hovedrsningden av sand og slitepartikler kommer via overvannet. Ved innføring av separatsystemer slipper en derfor unna store mengder med slitepartikler transport til renseanlegget.
- Tetting/renovering av avløpsnettet vil hindre innlekkning og reduserer slitepartikkeltilførselen.
- Bedre rengjøring av vegene på våren reduserer også sandmengdene til avløpsnettet. Bruk av sandfang i kummer for tilbakeholdelse av sand i nettet og hyppigheten av tömmingen av disse, er viktige elementer for reduksjon av slitepartikler.
- Bedre spyling av avløpsnettet vil redusert tilførselen slitepartikler til anlegget. Ved spyling av avløpsnettet samles spylevannet opp i egne tankbiler.

### *Reduksjon av slitepartikler inn i anlegget*

For å redusere slitepartikkelen som tilføres anlegget videre mulighet for transport gjennom anlegget, er det viktig med et godt og optimalt driftet sandfang. Hvis anlegget stor slitasje på pumpene pga sand kan det være en god investering å se nærmere på optimalisering av sandfanget. Her kan en få hjelp av driftsassistansen eller spesialkonsulenter innen området. Problemet med optimalisering av sandfangene er å finne den riktige balansen mellom å få ut sanden, og ikke få med for mye organisk materiale i tillegg.

På Sentralrenseanlegg Nord-Jæren tilføres store mengder sand til anlegget, med dertil store drifts- og vedlikeholdsutgifter på slampumper og annet teknisk utstyr. De har derfor satt i gang et prosjekt for optimalisering av sandfanget. Prosjektet har bl.a. gått ut på å gjøre forsøk med ulike driftsparametere på sandfanget. Erfaringene fra forsøkene så langt viser at sandfang og sandavvanner ikke klarer å holde tilbake ønskede mengder sand, og at en derfor må inn med andre typer løsninger i tillegg til sandfanget. På slutten av år 2000 er det blitt testet ut hydrosyklon for fjerning av sand. Ut fra foreløpige resultater ser det ut som at syklonen klarer å holde tilbake ønskede partikkelforstørrelser. Mer detaljerte erfaringer fra dette prosjektet kan fås direkte fra IVAR, kontaktperson : Eline Furte, telefon 51 81 04 00.

På HIAS avløpsrenseanlegg har en gjort forsøk med hydrosyklon på en delstrom fra sandfanget. Erfaringene herfra tyder på at syklonen får fjernet sanden på en effektiv måte, med minimaalt organisk materiale i sandfraksjonen. Løsningen er lite pråsskrevende og bør ikke være noe dyrere løsning en tradisjonelle sandfang med tanke på utstyr og energibehov. For mer informasjon kontakt Tor Fjærgård ved HIAS-avløpsverk, telefon 62 57 40 50.

Fra Tyskland ser det ut som syklon med vaskeanlegg og sandpresse er en svært fremtidsrettet løsning. Her har man resultater som viser at det kun observeres 2 % organisk materiale i sanden etter prosessen.

#### **4.3.2 Filler og fiber**

Filler og fiber forårsaker drifts- og vedlikeholdsproblemer ved gjentetting av pumpeinnløp og pumpehus, eller ved at det pakker seg rundt akslingen på pumpene og fører til stor motstand i pumpen, med påfølgende utslag på motorvernet. Filler og fiber er også et problem ved virvelhjulspumper der det legger seg på hjulet og reduserer kapasiteten til pumpen. I forbindelse med råtnelanker kan også fiber skape problemer i forbindelse med gjentetting av utløp fra tankene og driftsproblemer med råreverk.

Det er vanskelig å forhindre at filler og fiber blir tilført anleggene. For å få minst mulig filler og fiber inn i anlegget er det viktig med en optimalisering av risten på innløpet av anlegget. Her bør optimaliseringen gå på å opprettholde et hvis ristgodsteppe på risten til enhver tid. Dette belegget vil kunne holde tilbake både filler og fibre. "Teppet" med ristgods vil også være med å redusere slitepartikelletandelen som tilføres anlegget.

Selv om risten fungerer optimalt vil store mengder filler og fiber passere. For å redusere drifts- og vedlikeholdsproblemene knyttet til dette, vil det i det etterfølgende bli gjengitt aktuelle løsninger på problemet.

- Flere av de største norske renseanleggene har installert maskinrensende siler, eller såkalte "fillepesser"/"fillepellere". Dette er installasjoner som fjerner mye av fiber- og fillo-delene i stammet. Vanlig åpning på silen er 2 mm lysåpning. Erfaringene fra de norske anleggene er meget gode, både med selve utstyrets funksjonalitet, og også resultatet med reduserte driftsproblemer etter installasjonen. Anleggene er i dag svært avhengige av silene for å få en god og stabil drift.  
Eksempler på anlegg som har fått i bruk maskinrensende siler er VEAS, Ladehammeren Renscanlegg, Knarrdalstrand Renscanlegg og Sentralrensscanlegget Nordre-Jæren.
- En annen måte å redusere problemet med filter og fibre, er bruk av mäscratorer eller kvernør/knivpumper for å få kullet fibre og filter opp i mindre partikler. Erfaringene med bruk av denne løsningen varierer stort fra anlegg til anlegg. Storparten av erfaringene tyder på at denne løsningen ikke er spesielt god, og at en i stedet bør installere maskinrensende siler for å håndkes med problemet.  
Et problem ved enkelte mäscratorer kan være en turbulens som etter pumpen lager langlibrede tråder som kan skape problemer i ettersølgende pumper.

#### 4.3.3 Mangel på driftsoptimalisering

Det ligger et potensiale i driftsoptimalisering av pumpene rundt om på de fleste anleggene i Norge. Under vil det bli gjengitt noen av de viktigste optimaliseringsmulighetene.

- Optimalisering av tuttall på pumpen
- Optimalisering av frekvensen for start-stopp av pumper
- Optimalisering av driftstiden til pumpene

Ved en helhetlig gjennomgang av disse punktene vil en kunne merke vesentlig reduksjon på slitasjen. Det vil bli gitt mer utfyllende optimaliseringstips i tilknytting til ulike pumpene i kapittlene 4.5 og 4.6.

#### 4.3.4 Feildimensjonering

I tillegg til de over nevnte punktene som skaper problemer med økte drifts- og vedlikeholdskostnader, fører også feildimensjonering til mange problemer rundt om på anleggene. Både slitasje- og gjentettingsproblemer blir vesentlig økt når pumpene i tillegg er feildimensjonert.

En typisk "feil" som gjøres er valg av for små pumper. Ekstrakostnaden ved å velge en noe større pumpe vil ofte betale seg tilbake ved reduserte drifts- og vedlikeholdskostnader på den større pumpen. Det er viktig at en tenker langsiktig når en kjøper inn pumper. Totalkostnaden til en pumpe består ikke bare av investeringen i selve pumpen og motoren. Vel så viktig er drifts- og vedlikeholdskostnadene og energiforbruket til pumpen gjennom pumpens livsløp. Vi vil komme mer inn på dette i kapittel 4.10.

### **4.3.5 Uvedkommende gjenstander i slammet.**

Et annet velkjent problem som fører til store vedlikeholds kostnader ved flere anlegg er pumping av uvedkommende gjenstander i slammet som skruer, muttere, skiftnøkler, mm. Disse gjenstandene havner i slammet ved eksempelvis vedlikeholdsarbeider i tilknytning til renseprosessen. Gjenstandene er vanskelig å få fjernet før de havner i pumpene og kan gjøre stor skade. Problemene kan reduseres ved å skjerpe internkontrollrutinene i tilknytning til vedlikeholdsarbeid på anlegget.

## **4.4 Erfaringer og tips vedrørende viktige komponenter i tilknytning til pumpen**

For at en pumpe skal fungere optimal er det viktig at også systemet i forkant og etterkant av selve slampumpen fungerer. I det følgende vil det bli gått gjennom noen av de viktigste elementene en skal være oppmerksom på for å få en optimal utnyttelse av pumpen.

### **4.4.1 Pumpens plassering i anlegget**

Pumpens plassering i forhold til mediet som skal pumpes er svært viktig. Høst bør pumpene ligge lavere i anlegget enn det slammet som skal pumpes. På denne måten får en minst mulig sugeløyde inn til pumpen. Aller høst bør det være trykk inn på pumpene. De fleste sentrifugalpumper er avhengig av trykk inn på pumpene, da de ikke har sugeevne.

Det bør generelt legges til rette for kortest mulig pumpedistanse inntatt i anlegget for å redusere friksjonstapet i ledningene og kostnader til ledningsmaterialer. Av praktiske årsaker er det lønnsomt å prøve å samle flest mulige pumper på et sted. Dette for lettere å holde kontroll med pumpene og legge til rette for utstyr som traversbaner mm. for vedlikeholdsarbeid.

### **4.4.2 Ledningsstrek til og fra pumpen**

Et viktig element ved pumping av slam er ledningssystemet før og etter pumpen. Under vil det bli gjennomgått noen formelfinger-regler som en bør huske på i forbindelse med valg av rørdiametere og rørstrek til og fra pumpene.

- Det er viktig at en ved dimensjonering av pumpene velger riktig diameter på rørstrek, slik at en reduserer sjansen for gjenteling, samt reduserer friksjonstapet i overføringsledningene. I denne forbindelse er bend på ledningene et viktig element. Det bør være minst mulig bend, og bendene bør være slakke.

- Hoveddelen av driftsproblemene med slampumper og rørdimensjonering skyldes for høyt friksjonstap på sugesiden av pumpene. Generelt er det derfor bedre å velge for store rørdimensjoner. En bør helst dimensjonere ledningsstrekkene slik at en får trykk inn på sugesiden av pumpen. Det er ønskelig at det er minst mulig innsnevninger av ledningsdiameteren inn til pumpen. Dette kan føre til gjentettingsproblemer på ledningen. Diameteren på rør som benyttes til slampumping bør ikke være mindre enn 100 mm på sugesiden av pumpen. Rørkostnadene i forbindelse med et anlegg er som regel små sammenlignet med evt. drifts- og vedlikeholdskostnader pga problemer med tilførselen av slam til pumpen.
- Gjengroing av pumpeledninger er et problem en må ta i betraktning ved dimensjonering av pumpesystemene. En må regne med en viss begroing innvendig på ledningene. Dette vil føre til økt friksjonstap i systemet. Ved lav hastighet i ledningen gror den raskere igjen. En skal i forbindelse med slam med høye temperatur, eksempelvis i forbindelse med hygienisering, være oppmerksom på at slammiet kan ”bronne” seg fast på innsiden av ledningene og føre til en raskt tverrsnittsreduksjon.
- Det er viktig at rørstrekningene inn til pumpene rettes opp slik at flensene fra røret og pumpen går rett på hverandre. På denne måten unngås det at rørene må bendes på plass for å passe. Rør som ligger i bend kan lett få tretthetsbrudd. Ved god tilpassing av flensene reduserer en også risikoen for lekkasjer.
- Generelt er det viktig med god opphengning/avstiving av rørene for å forhindre bevegelser og slitasje på rørene.
- For liten diameter på trykksiden ut av pumpen kan føre til kavitasjonsproblemer.
- For liten diameter ut av pumpen, spesielt ved centrifugalpumper, kan være kritisk med tanke på friksjonstap og problemer med at pumpen havner utenfor sitt optimale driftsområde.

Ved pumping av tørrslam kan det i enkelte tilfeller være behov for å tilsette enten luft eller polymerer til pumpeledningen for å redusere friksjonen i ledningssstrukturen. Dette er benyttet ved flere anlegg med god erfaring. På HIAS tilsettes det luft til slam på 17-18 % TS for transport inn i hydrolyseanlegget. Luften tilsettes langs rørveggen for å gi slammiet en glideflate med dertil redusjon av friksjonen. HIAS kan dokumentere en reduksjon i friksjonen på opp til 50 %. Ved tilsettning av luft til slammiet må en huske på at slammiet må få anledning til å få luftet fra seg den tilførte luften i en buflertank før videre pumping.

Polymer tilsetting har tilsvarende effekt som luft, og er pr i dag den vanligste metoden for å få redusert friksjonen ved tørrslampumping. Her kan eksempelvis polymer tilsettes i en krans på trykksiden av pumpen, og gi en

glideflate mot rørveggen. Med dagens teknologi gir polymer en bedre glideflate enn luft. Teknologien er også noe billigere i drift enn hva tilfellet er med luft.

#### **4.4.3 Spyletilgjengelighet på rørstrekene rundt pumpene**

Det er viktig i forbindelse med bygging av pumpeledninger at det legges til rette for gode spylemuligheter på pumpestrengene. Dette for å komme til for rengjøring og oppspylning av evt. gjentetninger på pumpeledningene.

#### **4.4.4 Overtrykksbeskyttelse og ventilstyring**

Fortrengningspumper ødelegges veldig lett ved pumping mot stengt ventil. For å forhindre denne typen problemer finnes ulike hjelpemidler. Under vil det bli gjennomgått to ulike løsninger.

*Overtrykksbeskytter* kan eksempelvis være et manometer som kontrollerer trykket i pumpen og stopper pumpen når maksimalt trykk er oppnådd. På denne måten stopper pumpen når det pumpes mot stengt ventil.

*Posisjonsbryter* er en annen løsning. Dette er en bryter som registrerer om ventilen er åpen, og dermed om pumpen kan startes.

#### **4.4.5 Valg av riktig pumpemotor**

For at en skal få en optimal drift av pumpene er det viktig at en velger en pumpemotor som kan kjøres innenfor hele det aktuelle turtallsområdet pumpen er dimensjonert for. Leverandør skal dokumentere at motoren sammen med evt. frekvensomformer dekker hele det aktuelle turtallsområdet. Har en for små motorer vil en bl.a. kunne risikere å ikke få kjørt lavt nok i turtall for å spare pumpen for umødlig slitasje. Ved for liten motor og lavt turtall, vil motoren lett kunne overbelastes, med den følge at motoren kan brenne opp, eller at den rett og slett stopper pga for liten kraft.

Ved kjøp av motor bør en velge en motor som er IEC-normert. Disse motorene bygges opp etter normer som gjør at en kan erstatte en motor som er ødlagt med en ny motor av valgfritt fabrikat, uten behov for ekstratilpasninger i tilknytningspunktet til pumpen. IEC-normen angir standardisert avstanden fra føttene til akslingen på pumpen, samt diametern på denne. Flensdiameteren er også standardisert.

#### **4.4.6 Valg av type akseltetninger**

Et annet viktig element ved pumper er valg av riktig akseltetninger. Pakkboks var tidligere den vanligste typen tetning. Denne typen pakning kan låses med eller uten spyling. Enkel mekanisk tetning benyttes også mye, og har vel de senere årene tatt over mer for pakkboksene ved stadig strengere krav til renheten på anleggene med dertil hørende arbeidsmiljø. Mekaniske tetninger kan lås både som enkel og dobbel tetning. Erfaringsmessig virker det som om mekaniske akseltetninger er den typen som kost-/nytte-messig egner seg best. Forskjellen på enkel- og dobbel mekanisk tetning er at ved enkel tetning benyttes pumpemediet som smøremiddel. Ved dobbel mekanisk tetning benyttes eksternt smøremiddel. Fordelen med dobbel mekanisk tetning ser en bl.a. når pumpen tørrkjøres, da unngår en at pakningen ødelegges pga. varmeutviklingen.

Pakkboksen fører til litt søl ved at den skal lekke i vanlig drift. Den er derimot nokså forutsigbar med tanke på vedlikehold, ved at den ved reduksjon i kvaliteten vil begynne å lekke mer og mer, og en kan overvåke lekkasjene og skifte pakningen når den lekker for mye. Mekaniske akseltetninger skal ikke lekke ved vanlig drift, men når den er utslitt kan en få mye søl. Hvilken type som er best er avhengig av hvilken standard en ønsker på anlegget, samt hvilke erfaringer en har med de ulike pakningstypene.

Med tanke på arbeidsmiljøet er helt klart mekanisk tetning den beste løsningen. Dobbel mekanisk tetning er som regel ikke nødvendig ved pumping av slam.

I industrien er mekanisk tetning den vanligste løsningen. Dette skyldes at det oftest er strenge krav til HIMS og kost-/nyttmessige vurderinger på drifts- og vedlikeholdssiden.

#### 4.4.7 Pumpefundament

Ved store pumper er det viktig at fundamentet til pumpen blir skikkelig forankret og er stabilt. Ved ustabilt fundament vil en kunne på bevegelser i pumpen og rørsystemet rundt ved start-stopp. Dette fører til ekstra slitasje både på pumpen og rørsystemet.

### 4.5 Konkrete erfaringer ved bruk av centrifugalpumper

I den følgende delen vil det bli presentert erfaringer ved bruk av centrifugalpumper i norske anlegg.

#### 4.5.1 Generelle erfaringer

For å få redusert drifts- og vedlikeholdskostnadene for pumper er driftsoptimalisering med turalls-, driftstids- og start og stoppfrekvens-optimalisering viktig. Ved valg av pumper skal en også være oppmerksom på at det kan være fordelaktig å velge pumper som kan kjøres reversibelt, altså kjøres ned mot satt dreicretning i forhold til ved vanlig drift. Ved gjentetting av innlopet til pumpen kan en ved å kjøre pumpen reversibelt kunne få åpnet pluggen som tetter pumpen. Begge disse elementene gjelder generelt for både centrifugal- og fortrengningspumper.

Sentrifugalpumper er som tidligere nevnt følsomme for viskositetsforandringer. For at pumpene skal kunne gi samme mengde ved ulikt TS-innhold, benyttes frekvensomformere. Erfaringene med denne type regulering er generelt bra for centrifugalpumper.

For optimalisering av pumpetiden for centrifugalpumper ved pumping av slam fra slamlommer, kan TS-innengden i slammet benyttes som sett-punkt for pumpene. For å spare dyr utstyr for TS-målere kan en erfaringsemessig benytte mengdemåleren i tilknytting til pumpen sammen med et fast turfall som sett-punkt. Jo høyere TS jo mindre mengde gir pumpen. Pumpen startes etter faste tidsinnstillinger og går til levret mengde når et vist sett punkt målt i  $m^3/t$  eller l/s. Når sett punktet nås indikerer dette at slammet inneholder for lavt TS-innhold, og pumpen slanser. Pumpetiden vil derfor varierer avhengig av hvor høy TS det er i slammet som pumpes.

#### **4.5.2 Virvelhjulspumper**

Pr. i dag brukes denne typen pumper mest til utpumping fra sandfang, samt pumping av sedimentert slam opptil 2-3 % TS. Pumpene benyttes også til sirkulasjonspumping og som reservepumper til tömming av bassenger og lignende. Generelt er pumpene meget driftssikre når de er dimensjonert rkt.

Problemet med virvelhjulspumper i forbindelse med sandfangspumping kan være slitasje av akseltetninger, løpehjul og pumpehus. Ved pumping av fiberholdig slam er et typisk driftsproblem at det legger seg på fiber på løpehjulet med påfølgende redusert kapasitet.

##### ***Generelle tips ved ulik bruk av virvelhjulspumper***

- For å redusere problemet med fiber som legger seg på løpehjulet bør en velge tilbaketrukket løpehjul, og en hastighet på løpehjulet som gjør det selvretende. FREVAR har valgt å benytte polerte løpehjul for å redusere problemet med fiberbelegg på løpehjulet. Erfaringene med løsningen er god.
- Ved bruk av virvelhjulspumpe til sandfangspumping bør pumpen dimensjoneres og driftes ved et så lavt turtall som mulig for å redusere slitasjen. En må i tillegg passe på at hastigheten i pumpledningen blir så høy at væsken får transportert med sog sanden, slik at den ikke sedimenterer i pumperøret.
- Støpejern er det vanligste materialet å benytte til pumpehuset og virvelhjul ved slampumping. Ved sandfangspumping bør en vurdere å benytte hardere kvalitet i metallet til både løpehjul og hus, eller evt. innvendig gummiering av hus og løpehjul. Aktuelle harde metaller kan være silisium karbid, Ni-hard mm. Ved innvendig gummiering av pumpene er det viktig at kvaliteten på arbeidet er skikkelig, ellers vil gummien kunne løsne og tette igjen pumpen eller etterfølgende rør.
- Ved pumping fra sandfang er erfaringene for tørroppstilte pumper kontra våroppstilte sprikende, og det ser ikke ut til at en kan konkludere med at det ene er bedre enn det andre.

#### **4.5.3 Kanalhjulspumper**

Pumpetypen er svært lite benyttet ved slampumping i norske anlegg og er kun egnet ved homogent slam med lav TS og viskositet.

Når en benytter kanalhjulspumper ved slampumping er det i hovedsak 1-kanalspumper som benyttes. Dette pga slammets viskositet og problem med gjentetting.

Det er vanlig å benytte støpejern både i hus og hjul, samt rustfritt i akslingen på pumpen.

#### **4.5.4 Skivepumper**

Erfaringene med skivepumper i Norge er minimal. FREVAR har installert en Disclopumpe som har vært i drift i ca. 2 år. Erfaringene så langt er bra. Det er svært lite drifts- og vedlikeholdsproblemer med pumpen.

Pumpen gjennomgikk en totalrenovering etter ca. 2 års drift. Det viste seg at pumpehuset var utslett pga pumping av en uvedkommens gjenstand, som en mutter eller skrue, og ble byttet. Akseltetningen til pumpen har fungert bra, men har vært dyr i drift pga av stort behov for vanntilførsel (2-3 liter i minuttet). Denne er nå skiftet ut med en type tetting som vil redusere driftskostnadene vesentlig. Selve løpehjulene i pumpen var ikke vesentlig slitt, og ble ikke skiftet ut.

Pumpen er til dels dyr i drift, med tankc på strømforbruk. Dette skyldes den forholdsvis lave virkningsgraden til pumpen. FREVAR mener allikevel at de sparer så mye på redusert drifts- og vedlikeholdskostnader at denne utgiften er av mindre betydning.

FREVAR har høsten 2000 installert en ny Disclopumpe for pumping av fortykket slam med TS opp i 5 %. Det skal bli spennende å følge opp videre erfaringer med pumpen.

Skivepumper anvendes en del i Sverige og erfaringene derfra ser lovende ut, bl.a. innenfor problemet med slitasje (Balmér P.(1999): Water Quality Internasjonal, March/April).

Pumpene har i Sverige i hovedsak vært benyttet for pumping av kommunalt primærslam med TS opp i mot 6 %.

Pumpetypen vil sansynligvis aldri bli noen dominerende pumpetype innenfor slampumping i Norge, men kan være en god løsning der en har med problemsslam å gjøre, eksempelvis der det er stor slitasje.

#### **4.5.4 Skruesentrifugalpumper**

Pumpene er lite benyttet i norske anlegg. Pumpene ble en del benyttet ved anlegg som kom med UFB-prosessen, deriblant Knarndalstrand Renseanlegg i Porsgrunn kommune.

Erfaringene herfra er stort sett gode. Pumpene krever en del oppfølging og enkelt vedlikehold pga at de er viktige i prosessen på anlegget. Et problem med pumpene er at skruehjulets øvre del, som sitter i innløpet til pumpehuset, slites raskt. Dette skyldes at det logger seg på belegg ved innløpskonet til pumpehuset. Øvre del av skruene har derfor blitt behandlet med wolframkarbid for å få økt slitestyrke. Dette har forlenget levetiden på skruhjulet.

På FREVAR benyttes pumpene til pumping av pasteurisert slam. Her har de noe av de samme problemet som ved Knarrdalstrand renseanlegg, med at fiber og plast legger seg på skruen inn til pumpehuset og lager "fiberbolter" som sliter ut pumpens innløpskon.

Før å forhindre at innløpskonen blir slitt er det viktig å stramme etter konet, slik at avstanden mellom konet og løpehjulet blir så lite at fiber og plast ikke får lagt seg på og skapt slitasje.

## 4.6 Konkrete erfaringer ved bruk av fortrengningspumper

### 4.6.1 Eksenterskruepumper

Eksenterskruepumper er de vanligste pumpene benyttet for slampumping i norske renseanlegg. Pumpene benyttes til alt fra pumping av sedimentert slam til pumping av avvannet slam.

Erfaringene ved bruk av denne type pumper varierer veldig fra anlegg til anlegg. Under vil noen av de viktigste erfaringene og tipsene med denne typen slampumpe bli gjengitt.

Generelt fungerer denne typen pumpe utmerket for pumping av slam, den er sikker i drift og kapasiteten til pumpene er lite følsom for viskositetsforandringer. Et gjennomgående problem ved flere norske renseanlegg er stor tilførsel av slitepartikler med avløpsvannet. Mye av dette blir med gjennom sandfang og videre i renseprosessen. Pumpetypen er til dels følsom for slitepartikler, som i første omgang sliter ut statoren på pumpene og på sikt også rotoren.

Før å på redusert drifts- og vedlikeholdskostnadene årsaket av slitepartikler bør en se nærmere på underliggende punkter i tillegg til punktene nevnt i kap. 4.3.1.

#### *Bruk av retturtall på pumpene*

En generell regel ved pumping sier at jo lavere turtall som benyttes, desto lengre levetid på pumpen. Turtallet for eksenterskruepumper som skal pumpe slam med TS mellom 5-10 % bør ligge på mellom 200-300 omdr./min. eller mindre. For tørrslampumper med TS i området 20 % og oppover bør turtallet ligge på mellom 50-200 omdr./min. Nevnte turtall er generelle, og varierer noe avhengig av hvilke type fabrikat en har og størrelsen på pumpen. For å få mer detaljert info om turtallassimalisering bør en kontakte leverandøren av pumpene.

På V她们 har man god erfaring med store eksenterskruepumper på lave hastigheter. Nyoverhalte pumper har som regel et turtall på 100 o/min, mens de gjerne er oppe i 270 o/min når de er utslit. Frekvensstyring benyttes for å holde ønsket mengde etter hvert som de blir slitt.

### *Materialvalg for stator og rotor*

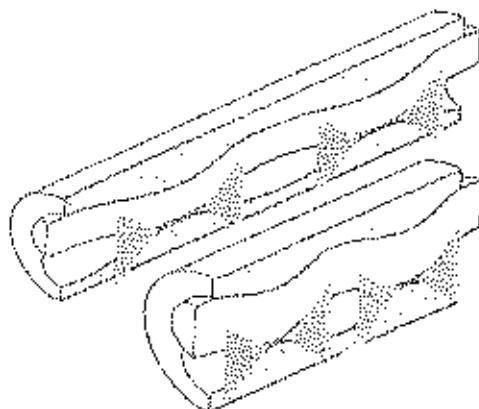
For å få en optimal levetid på rotor og stator er det viktig å velge det riktige materialet for den type slam som skal pumpes. Ved vanlig slampumping er bl.a. pH viktig for valg av materiale. Her går det et skille på pH 6,0-6,5. Er du under dette området må en ha et materiale som tåler det surc området.

Ved vanlig slampumping med pH rundt 7 og temperatur rundt 5-10°C benyttes normal Perbunan som materiale i stator og herdet verktøystål i rotoren. Andre aktuelle stator materialer som kan benyttes er Hypalon og EPDM.

Et annet viktig element ved valg av rett materiale er temperaturen på slammet som skal pumpes. Ulik materialkvalitet er tilpasset ulike temperaturer.

### *Valg av stator og rotor utforming*

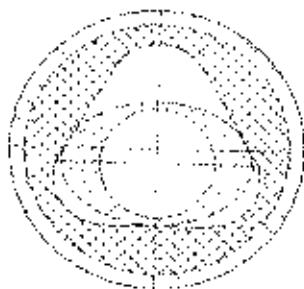
Innensfor eksenterskruepumpingen finnes det flere ulike typer stator-/rotor-utforminger. De to vanligste typene er vist på figuren under.



Figur 4.2 Bildet viser forskjellen på konvensjonell- (nederst) og lang geometri eksenterskruepumping (øverst).

De to typene er konvensjonelle eksenterskruepumping og såkalte lang geometri pumping. Forskjellen ligger i hovedsak i at det er lengre avstand mellom "loppene" på rotoren/statorene ved lang geometri enn konvensjonell teknologi. Dette fører til at det er en større kontaktflate mellom stator og rotor ved lang geometri-teknologien. Dette gir flere fordeler. En vil redusere slitasjen mellom rotor og stator da det er større flate å fordele slitasjen over. En får også høyere hydraulisk virkningsgrad og mindre pulsering ved pumpingen. Lang geometri-teknologien fører til mindre diameter på rotoren som igjen gir redusert trykk på rotoren på trykksiden av pumpen. Dette gir redusert belastning på ledde og opplagringer, med dertil økt levetid for disse. Den reduserte rotordiametren reduserer også periferihastigheten i pumpene med dertil redusert slitasje.

Innenfor eksenterskruepumpingen har det i tillegg til konvensjonell- og lang geometri-teknologi kommet nok en type eksenterskruepumpe-teknologi, den såkalte tricam-teknologien. Teknologien bygger på at statoren er utformet som et triangel. Se figuren under.



Figur 4.3 Vertikalsnitt av en tricam-eksenterskruepumpe.

Fordelene med denne typen teknologi er at den gir en vesentlig økning på kapasiteten på pumpene innenfor samme lengde på stator/rotor.

Kapasitetsøkningen ligger i på ca. 50 %. Teknologien skal også være med å gi en jevnere mengde leveranse. Pumpetypen har også generelt et større potensiale på trykkøkning pr. trykkskritt enn de andre teknologiene.

#### *Optimalisering av driftstiden, samt antall start og stopp på pumpene*

Pumpene slites når de går, derfor bør en tilstrebe at pumpene får en så kort total driftstid som mulig.

Kontaktoren og stator/rotor i pumpene slites for hver gang pumpen starter og stopper. For å redusere slitasjen bør en optimal start- og stoppfrekvens utarbeides. En tommelfinger-regel går på at pumpen ikke bør starte og stoppe mer enn 10 ganger i timen.

Når pumpen suger for å få tak i slammet i starten på en pumpefrekvens, kan det gå en stund før den får tak i slammet. Dette sliter på pumpen, pga korte perioder med "tørrkjøring". En av årsakene til at pumpene bruker litt tid på å få tak i slammet skyldes at det er forholdsvis smal åpning mellom ledet på kardangakslingen og selve trykkøknings-/stator-rotor-delen.

For å øke tilgjengeligheten for at slammet raskest mulig skal komme inn i trykkøkningsdelen, har de med god erfaring på HIAS gjort visse forandringer på innløpet av sine Allweiler pumper. De har skåret en 45 graders snitt i statoren fra midten mot ytterradien i innløpet. Dette gjør det enklere for slammet å komme inn i selve trykkøkningsdelen, med dertil redusert "tørrkjøringstid" og slitasje.

Optimal driftstid og start- og stoppfrekvenser bør sees i sammenheng.

### **Trykk på sugesiden av pumpene**

Det er gunstig for pumpenes levetid og kapasitet at pumpene har trykk på sugsiden av pumpen. Når pumpene slites blir det mindre kontaktflate mellom rotor og stator og virkningsgraden avtar. Med sug på sugsiden av pumpen vil "lekkasjen" av slam i følge retning føre til et raskt kapasitetstap, med dertil raskere behov for utskifting av stator og rotor. Trykk på sugsiden reduserer "lekkasjen" feil veg i pumpen og dermed også kapasitetstapet. Trykk på sugsiden av pumpen vil også være med å redusere den korte "tørkjøringsperioden" ved start av en pumpefrekvens.

### **Vulg av riktig trykktrinn på pumpene**

Ved pumping med høyt trykk må en ha flere trykktrinn på pumpene for å oppnå ønsket trykk. For ikke å få for stor slitasje på pumpene bør en velge å ha en viss buffer mellom det ønskede driftstrykket og det trykket pumpen er dimensjonert for. En tommelfinger-regel kan være å beregne bruk av 4 av 6 bar pr. trykktrinn. Eksempelvis vil dette gi 3 trykktrinn på en pumpe ved ønske om at pumpen skal pumpe mot 12 bars mottrykk.

### **Andre erfaringer rundt typiske drifts- og vedlikeholdsutfordringer:**

#### **Tørkjøring**

Eksenterskruepumper er sensibles for tørkjøring. Pumpene tåler ikke å gå lenge uten at det er noe medium inne i pumpen. Tørkjøring er vanligst ved eldre og små anlegg der det er lange sugehøyder fra mediet opp til pumpene. For å redusere risikoen for tørkjøring kan en installere tørkjøringssikring på pumpene. Denne vil stoppe pumpen når den ikke får matet inn slam. Ulempen med flere av tørkjøringsinstrumentene er at de i forbindelse med vedlikeholdsarbeider kompliserer og forlenger arbeidet med skilte av stator i pumpene. Ved valg av tørkjøringssikring er det viktig å velge sikre og enkle løsninger. Ved anlegg som har store problemer med tørkjøring kan en snu pumpretningen. På denne måten reduseres risikoen for tørkjøring.

#### **Slitedeler**

Det er stor konkurranse om marked for slitedeler innenfor eksenterskrueområdet, og prisforskjellene er til dels store.

Ved kjøp av slitedeler skal en være sikker på at delene har riktige mål og er tilpasset din pumpe.

Ved problemer med at slitedeler ryker pga at det til stadighet kommer uønskede gjenstander som skruer, muttere mm. med slammel, vil de billigste delene på markedet være gode nok. Slites pumpen derimot ut pga vanlig drift, bør en vurdere å kjøpe deler med litt høyere kvalitet og pris. Ved stor slitasje på statorer og rotorer bør en kontakte leverandøren for hjelp til å finne bakgrunnen for problemet, og optimalisere pumpingen deretter. Erfaringsmessig viser det seg at pris og kvalitet på deler ikke alltid stemmer overens. Flere anleggseiere har god erfaring med bruk av billige deler, og har ikke merket vesentlig forskjell mellom de billigere og dyrere delene.

**Levetiden** til eksenterskruepumper i Norge i dag varierer utrolig mye og ligger fra ytterkantene på 500 timer til opp i mot 24.000 timer. Årsaken til de store forskjellene i levetid skyldes slitepartikler i slammet og feildimensjonering av pumpene.

#### **Tørrslampumping**

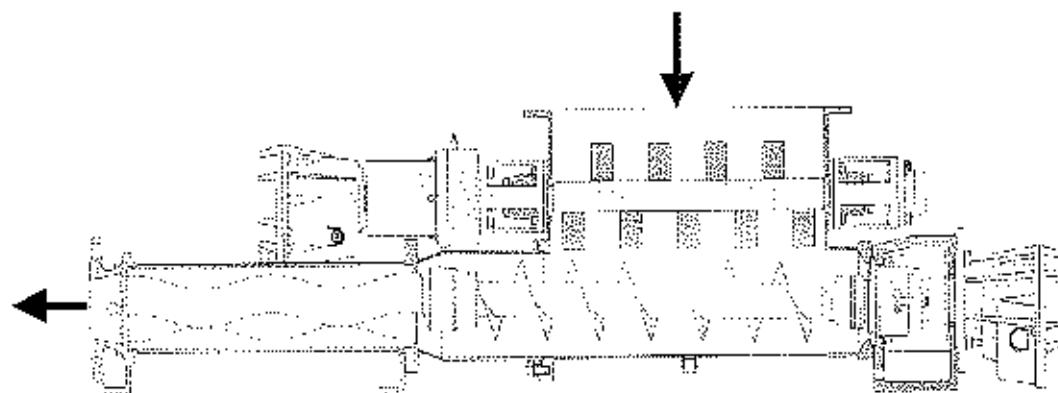
Eksenterskruepumper benytte ofte ved tørrslampumping. For at pumpen skal få tak i slammet benyttes ofte en skruemater i forkanten av pumpen.

Her er det viktig at skruen har bedre kapasitet enn avvanningsmaskinen, slik at ikke skruen blir en flaskehals. Avvanningsmaskinen gir som regel ikke en jevn tilført slammengde, og hvis skruen ikke får unna slammet raskt, kan det oppstå opphopning av slam ved utkastet fra avvanningsenheten. Dette kan føre til slamsøl og evn. brobygging rundt skruen som dermed ikke får tak på slammet lenger.

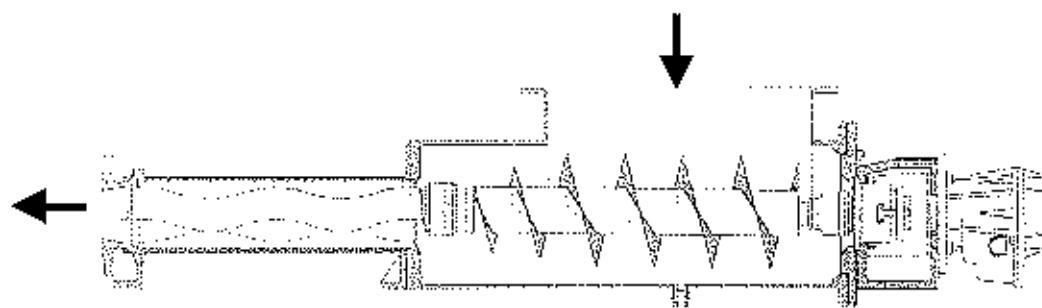
Ved tørrslampumping blir ofte slammet så tykt at ikke skruen får ordentlig tak i slammet. For at det ikke skal oppstå opphopning og gjentetting av innløpsdelen på pumpen finnes det 2 ulike hovedkonseptet for å løse problemet.

1. Pump med brobrekkere
2. Pump med overdimensjonerte innmatingsskruer.

Under er det gjengitt eksempler på de to ulike løsningene.



Figur 4.4 Eksenterskruepumpe med brobrekker. Pilene viser vanlig strømningsretning i pumpen.



Figur 4.5 Eksenterskruepumpe med overdimensjonert innmatningsskrue.  
Pilene viser vanlig strømningsretning i pumpen.

Hvilke løsning som er best er en smakssak og må vurderes fra anlegg til anlegg.

#### 4.6.2 Stempelpumper

Stempelpumpene benyttes i Norge kun til pumping av avvannet slam. Erfaringene med pumpene er stort sett meget bra. Pumpene krever lite vedlikehold og reparasjoner, men er dyre i innkjøp. Reservedelene til pumpene er også forholdsvis dyre.

De vanligste slitasje-elementene ved denne type pumpe er stempel og ventiler. På Ladehameren Renseanlegg i Trondheim har de god erfaring med tilsetting av grønnsåpe i vannkassen på stempelpumpen. Dette mener de har vært med å redusere slitasjen på stemplene og sylinderne vesentlig.

Ved dimensjonering av rørstrekker på trykksiden av pumpen, må en være sikker på at rør og skjøter tåler det høye trykket.

Pumptypen er mest aktuell ved pumping av slam med høy TS innhold, større enn 25 %, og ved lengre oversøringsavstander.

#### **4.6.3 Løberotorpumper**

Bruken av løberotorpumper i Norge har vært og er fremdeles begrenset. Erfaringer med pumpetypen varierer fra anlegg til anlegg.

##### ***Negative erfaringer***

På VEAS har en tidligere forsøkt løberotorpumper. De ble fjernet etter 2-3 havarier. Om årsaken skyldtes svakheter ved de levende pumper, eller om det skyldtes spesielt mye partikler i slammet, vites ikke.

FREVAR har også provd løberotorpumper tidligere uten suksess.

Andre erfaringer fra tidligere viser også problemer med at gummien som sitter ytterst på løbene har hatt en tendens til å løsne.

##### ***Positive erfaringer***

På Ladhammaren benyttes en løberotorpumpe med såkalt skrueutformede løber med 3 løber på hver aksling. Erfaringene etter ca. 1. års drift er meget bra. Det er forholdsvis ikke observert slitasje på pumpene. Det er heller ikke vært noen driftsproblemer av andre slag. Pumpen går mer eller mindre pulsersingfritt og med liten vibrasjon. Pumpene benyttes til pumping av kjemisk slam og pumpetrykket ligger på 2-3 bar. Årsaken til pumpene testes ut på Ladhammaren skyldes store problemer med slitasje på de tidligere eksenterskruepumpene, med påfølgende mye vedlikehold og reparasjoner. Alle slitedeler inne i pumpen som slitebelegg inne i huset, rotor og mekanisk tetting skal være enkle å komme til for utskifting. Dette vil spare mye tid i forbindelse med drift- og vedlikeholdsarbeider. Delen skal også være til dels rimelige. Det er planer om å installere nok en løberotorpumpe i forbindelse med pasteuriseringstrinnet i løpet av år 2000.

Knarrdalstrand renseanlegg benytter løberotorpumper i forbindelse med pumping av slam gjennom varmevekslerne. Her benyttes også løber med skrueutforming. Erfaringene er meget bra. Pumpene går mer eller mindre vibrasjonsfritt.

##### ***Andre nye installasjoner og erfaringer***

Sentralrenseanlegg Nord-Jæren har installert løberotorpumper tilsvarende de på Ladhammaren for uttesting. Etter forholdsvis kort testkjøring røk en del av plastdelen ytters på en av løbene og førte til mye støy fra pumpen. Årsakene til problemene skal bl.a. ha skyldtes at det var for lang sugerør inn til pumpene, samt at det var for mye luft i slammet. Pumpesystemet har blitt bygd om og det testes ut en ny og mindre pumpe, som leverandøren mener skal kunne gi et bedre resultat. På Sandefjord renseanlegg har de også installert løberotorpumper. Her hadde de i starten problemer med en for liten motor, samt vibrasjoner fra pumpen. Pumpen som var installert var en løberotorpumpe med to "rette" løber pr. aksling. Etter utskifting til løber med skrueutforming og større motor har pumpen fungert som forventet og tilnærmet uten vibrasjoner. Det nye renseanlegget i Arendal skal også installere løberotorpumper i nære fremtid.

### *Turtallsoptimalisering*

Ved pumping av slam med 2-6 % TS bør ikke turtallet på pumpene overstige 300 o/min. For mer detaljerte turtallsoptimaliseringer kontakt leverandør.

### *Oppsummering*

Ut fra de erfaringene som har kommet inn gjennom arbeidet med rapporten kan det se ut til at lobeteknikken har utviklet seg til det bedre de senere årene, samtidig at det kan tyde på at leverandørene har sett de begrensede bruksområdene til pumpene bedre. En unngår dermed å installere pumpene der problemer kan oppstå. Med den stadig økende fokusen på redusert bemanning på avløpsrenseanleggene, med dertil ønske om mindre drifts- og vedlikeholdstid, kan lobeerotorpumpene med sin enkle oppbygging og gode tilgjengelighet for vedlikehold være et godt alternativ innenfor enkelte deler av slampumpesområdet. Dette avhenger såklart av langtids erfaringene med bruken av pumpene. Dagens erfaringer er for korte til å gi noe godt svar på om lobepumpenes drifts- og vedlikeholdsproblemer på lengre sikt. Her vil vi i løpet av 2002-2003 kunne komme med mer grundige erfaringer for egnetheten til lobeerotorpumpene.

#### **4.6.4 Slangepumpe**

Det er svært få erfaringer fra bruk av slangepumper til pumping av slam. Årsaken til at det er så vidt få slangepumper som benyttes til slampumping skyldes i hovedsak pris, størrelse på pumpene og tradisjoner innen slampumpingen.

På Knappen Renseanlegg i Bergen kommune har de slangepumpe for pumping av kjemisk slam med TS på 3-4 %. Erfaringene med pumpetypen er stort sett bra. Problemet med slangepumper er at det blir veldig mye slamsøl når slangen inne i pumpehuset ryker. Dette var også et problem på Knappen Renseanlegg i starten. Etter hvert fikk en mer erfaring med levetiden på slangen og innførte "sørc var prinsippet". Nå skifles slangen til fast tid. I gang pr. år etter et fast antall driftstimer. Samtidig med slangeskiftet, skifles deler av oljen i oljehadet der slangen ligger. Utøver denne årlige renoveringen er det svært lite drifts- og vedlikeholdsarbeid med pumpen. Slange- og oljeskiftet er forholdsvis enkelt og raskt å gjennomføre.

#### **4.7 Maseratorer og knivpumper**

Erfaringene med bruk av maseratorer for homogenisering og oppkutting er varierende fra anlegg til anlegg, og det er vanskelig å konkludere med hva som er årsaken til at erfaringene spriker såvidt mye. Flere erfaringer tyder på at maseratorene ikke gir den forventede effekten ved homogeniseringen og oppkuttingen av fiber og filler som forventet. Flere anlegg har tatt maseratorene ut av drift pga at de ikke har merket noen forbedring, bl.a. Ladehammeren reseanlegg og NORVAR. Andre anlegg har derimot gode erfaringer med maseratorer, bl.a. Sentralrenseanlegget Nord-Jæren og HIAS.

I Bergen kommune har de knivpumpe som forbehandling av septikslammet før videre pumping. Erfaringen herfra er bra, det må påpekes at anlegget er lite i drift, med dertil liten slitasje på utstyret.

#### 4.8 Skruer

Flere anlegg benytter skruer for transport av både rist og silgods, sand, samt avvannet slam. Erfaringene med bruk av skruer viser seg å være bra. Det er generelt lite drifts- og vedlikeholdskosnader med skruene, og det eneste vedlikeholdet som gjøres er å skifte slitemateriale i trauene, samt skruer, men det er mange år mellom hver gang.

Det vanligste slitematerialet som benyttes som belegg i trauene er polyetylen. Dette benyttes både for rist- og silgods, samt for slam. Ved transport av sand benyttes som regel sliteskinner.

Scenterløse skruer kan benyttes til slamtransport helt opp i mot 35-40 grader helling. Oversiges denne hellingen vil slammel begynne å falle tilbake gjennom sentret på skruen og fremdriften i transporten vil bli dårlig. Ved helling over 40 grader bør en derfor gå over til akselskruer. Akselskruer kan transportere slam helt opp i mot en høydeforskjeff på 20 meter. Ved slamanlegget i Rådalen (Bergen) skrur en avvannet slam med akselskruer 10 meter opp med en vinkel på 80 grader. Dette går meget bra.

Ved transport med bruk av skruer finnes det to ulike måter å gjøre dette på, enten ved skyvende drivenhet eller en drivenhet som drar mediet. Ved transport av slam og sand er det mest vanlig å benytte en drivenhet som drar mediet, mens ved rist- og silgods benyttes skyvende enhet mest. Ved å ha skyvende drivenhet reduserer en gjenstoppingsproblemet ved utlastningsenden av skruen, som kan være et problem med rist- og silgods pga innhold av "avløpssøppel".

Skruer benyttes også flere steder til utmatning fra slamsiloer. Et typisk problem ved denne typen transport er at slammet er så lørt i siloen at det dannes brobygging ved utløpet. En løsning kan her være å ha en større åpning i bunnen på siloen med 4 istedenfor 2 skruer i utmatningsdelen.

Ved bruk av skruer til innblanding av kalk skal en være oppmerksom på at en velger en optimalisering av innblandingen rundt skrueløsninger som er spesialkonstruert. Vanlige skrueløsninger er ofte for dårlige til denne type formål.

Tilsvarende som for pumper ligger det et stort potensiale i å optimalisere driftstiden for skruer. Som regel er det ikke nødvendig at skruene går kontinuerlig. Skruene bør tidsstyres slik at de ikke går mer enn nødvendig, og på denne måten får en vesentlig forlenget levetid.

Ved transport over lange strekninger med flere vinkelforandringer blir skruer ofte en dyr løsning. Dette skyldes at en må inn med ny motor og girkasse for hver retningsforandring. På kortere transportavstander, og spesielt ved store høydeforskjeller kan skruer være et godt og sikkert alternativ.

#### **4.9 Erfaringer fra valg av pumpesystem**

For å optimalisere bruken og kostnadene ved pumping, er det mulig å optimalisere hele pumpesystemer. Det er få erfaringer fra slike type prosjekter i Norge, men et par eksempler kan nevnes.

Ved HIAS avløpsrenseanlegg ble det tidligere benyttet en pumpe for pumping fra hvert av de 6 sedimenteringsbassengene. Disse pumpene ble tidsstyrte og startet hver 3. time og gikk i 10 minutter. I stedet for bruk av en pumpe til hvert basseng, ble det installert en pumpe som via ventilstyring dekker pumpingen fra alle sedimenteringsbassengene.

På Sentralrenseanlegg Nord-Jæren uttester en for tiden en tilsvarende løsning. Her har en i dag en pumpe pr. sedimenteringsbasseng. Disse 8 pumpene er tenkt skiftes ut med 2-3 nye, som vil dekke samme behovet.

FREVAR har tre fortykkere som tidligere hadde hver sin pumpe. I dag har de skiftet ut pumpene og erstattet de med en pumpe som pumper fra alle fortykkene. En av de gamle pumpene står tilbake som reserve.

#### **4.10 Livsløpsanalyser ved valg av pumper**

Ved valg av pumper er det viktig å ta i betraktning at pumpen skal være i flere år, med kostnadsfordeling over hele levetiden til pumpen. Her er det mye å lære av prosessindustrien. Det er generelt en stor forskjell i holdninger mellom privat drevet prosessindustrien og avløpsbransjen når det gjelder utvelgelse av pumper til en arbeidsoppgave. I industrien spør de først om pumpens driftssikkerhet, levetid, tid for driftsstans pr. år for vedlikehold mm. Mindre vesentlig er selve prisen på pumpen.

I avløpsbransjen og generelt innenfor kommunal sektor tenker vi altfor kortsiktig når vi investerer. Vi fokuserer altfor mye på innkjøpsprisen, mens det som teller er totalprisen en pumpe koster gjennom dens levetid.

Den senere tid har vi sett en god trend innenfor bransjen der de interkommunale selskapene og de større kommunene stadig blir mer fokusert på å tenke livsløpskostnader ved innkjøp av pumper. Flere anleggseiere begynner å få færre ansatte, og må dermed redusere aktiviteten på anlegget. Dette presser frem innkjøp av pumper med mindre og enklere vedlikeholds- og reparasjonsbehov. Anleggseierne velger dermed en større investering ved innkjøp av pumpene, noe som forhåpentligvis betaler seg ved reduserte drifts- og vedlikeholdskostnader de etterfølgende årene.

Vi må bli flinkere til å tenke langsiktig ved investeringer som slampumper. Elementer en bør tenke på når en vurderer innkjøp av pumper og skal vurdere pumpens livsløpskostnader er bl.a. følgende:

- Innkjøpskostnader
- Energikostnader
- Drifts- og vedlikeholdskostnader, inkludert tid til arbeid, samt pris og tilgjengelighet for deler.
- Levetiden til pumpen
- Driftsstans til pumpen med påfølgende økonomiske konsekvenser for andre deler av avløpsrenseprosessen.

## KAP 5. ERFARINGER FRA ANDRE NYE PUMPEPROSJEKTER

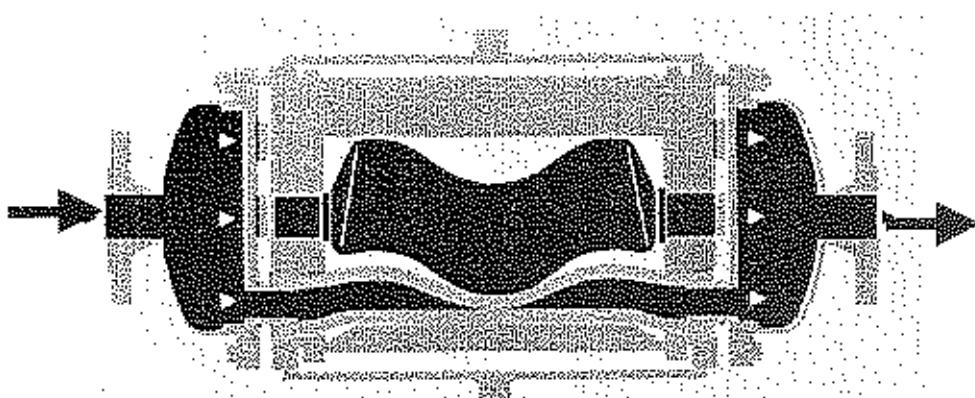
### 5.1 Nye pumpeprosjekter og pumpetyper

#### 5.1.1 Nye pumpeprosjekter

Parallelt med utarbeidelsen av denne rapporten gjennomføres også et erfaringssutvekslingsprogram mellom de største anleggseierne i Norden. Forhåpentligvis kan dette føre til erfaringer som resten av Norge også kan dra nytte av, eksemplvis via NORVARs VA-forg.

#### 5.1.2 Nye pumpetyper

Det arbeides stadig med videreutvikling av pumper. På slampumpesiden foregår det stadig nye små justeringer og forandringer for å heve kvaliteten. De helt store revolusjonerende forandringerne har vel latt vente på seg. En ny teknologi som kan være spennende å se nærmere på er en blandingspumpe mellom eksenterskruepumpe og slangepumpe, se figuren under.



Figur 5.1 Den nye "eksenterskrueslangepumpen". Pilene viser slammets strømningsretning.

Hvor interessant denne pumpen er for det norske slampumpemarkedet er foreløpig for tidlig å si noe om.

#### 5.1.3 Erfaringer fra industrien

Det er fremdeles stor forskjell i tankgangen, kravspesifikasjonene og drivkrestene bak innkjøp av pumper i industrien og avløpssektoren. Det er derfor ikke blitt prioritert å bruke mye tid på å gå i kontakt med industrien for å få oppdatert seg vedrørende evt. pumpetyper som bør kunne benyttes også i slampumping innen avløpssektoren. Et sterke samarbeid med industrien vil nok bli mer aktuelt i fremtiden.

## KAP 6. HVA GJØR VI VIDERE FOR Å ØKE KOMPETANSEN INNEN SLAMPUMPING

Gjennom prosjektet har vi fått oppsummert noe av de viktigste utfordringene og erfaringene innen slampumping, og vi kan trygt si at vi fremdeles har en god vei å gå. Slampumping er et vanskelig område, og det vil nok være behov for å gå videre og mer i dybden på flere ulike områder.

Med bakgrunn i denne rapporten vil det bli laget en database der rapporten er oppsummert. Tanken bak databasen er å videreforske den etter hvert som vi får mer erfaringer som vi kan dele med hverandre. Databasen blir tilgjengelig på NORVAR's VA-torg [www.norvar.no](http://www.norvar.no) under området for VA-erfaringer.

Brukene av databasen vil bli oppfordret til å komme med nye erfaringer. På denne måten kan brukene hjelpe andre som har tilsvarende problemer som du selv har hatt, samt få erfaringer og tips fra andre. Mange av de etterfølgende punktene som vi foreslår det bør arbeides videre med, kan delvis bli tatt vare på ved en god erfatingsutveksling via NORVARs slampumpedatabase.

### *Oppsummering av aktuelle områder vi anbefaler å jobbe videre med*

- Et typisk trekk ved norske kommuner er at en har dårlig økonomi og må spare inn på alle områder for å få budsjettene til å gå opp. Dette fører til at en ved innkjøp av nytt utstyr ofte må gå for de billigste løsningene. Dette betyr ikke at en velger den løsningen som er billigst på lengre sikt. For å få fokusert på viktigheten av langsiktig investering i utstyr bør det utarbeides livsløpsanalyser for slampumper. På denne måten kan en få bedre innblikk og forståelse av viktigheten av å vurdere mer enn bare innkjøpsprisen på pumper.
- Bak i denne rapporten er det utarbeidet et vedlegg som viser noe av de norske anleggene med deres slampumpetyper. Det bør arbeides videre med utvikling av et bedre erfatingsutvekslingsnettverk mellom anleggene for å hjelpe hverandre med optimalisering av eksisterende pumper, samt tips vedrørende innkjøp av nye pumper.
- Erfatingsutvekslingen mellom anleggseiere og leverandører bør også videreforskes. Begge parter har mye å lære av hverandre. Kompetansen hos konsulenten som spesifiserer slampumpene ved nyanlegg er varierende. Her ligger det helt klart et utviklingspotensiale.
- Som det fremgår av rapporten har det de siste 1-2 årene blitt satt inn en del nye-gamle slampumpetyper. Erfaringene med disse pumpene bør på litt sikt oppsummeres og formidles.
- For å spare penger både til innkjøp og vedlikehold av pumper ligger det et stort potensiale i systemoptimalisering ved slampumping. Med systemoptimalisering menes en mer effektiv bruk av pumpene, ved eksempelvis bruk av en pumpe istedenfor tre til en og samme jobb.

- I rapporten har vi vært inne på de viktigste årsakene til slitasje og vedlikeholdsproblemer. Vi har dessverre ikke fått gått nok i detalj på hvordan en kan redusere slitasjen. Optimalisering av sandfang og evt. andre metoder for å redusere slitasjeproblemene bør prioriteres fremover.
- Utvikling av mal/veiledning for spesifisering/bestilling av pumper er også ønskelig.

## 6.2 Hvordan vil fremtidens slambehandling bli seende ut, og hvordan vil dette påvirke slampumpingen?

Det er svært vanskelig å forutsi hvordan slam vil bli behandlet og benyttet i fremtiden, og hvordan dette vil påvirke slampumpingen. Slam er et svært særbart produkt, som ved feil mediafokus, tilsvarende som ckscompelvis har skjedd i Sverige, lett kan miste store deler av markedet.

VÅ-bransjen arbeider mot gjenvinning og gjenbruk av næringsstoffene i slammet. Ved god markedsføring, kvalitetssikring og behandling av slammet, kan og bør slam kunne benyttes som jordforbedringsmiddel eller gjødsel også i fremtiden.

Pr. i dag ser det ikke ut som slambehandlinga og slambruken i Norge vil gå mot en vesentlig forandring. Dette tilsier at pumping av slam fra slamlommer og frem til avvannning og transport til slamsilo ikke vil bli påvirket vesentlig de nærmeste årene.

En trend som kan påvirke pumpingen av slam er eventuell sambehandling av slam og våtorganisk avfall, enten ved innløring av kjøkkenavfallskverner eller direkte sammenblanding av avfallet på anleggene. Både i Danmark og Sverige finnes slike anlegg i dag.

## VEDLEGG 1 : OVERSIKT OVER ANLEGG MED ULIKE TYPER SLAMPUMPER

FREVAR Kontaktperson : Fredrik M. Haugrud Tелефon : 69 35 73 34	SENTRIFUGALPUMPE Produsent /pumpebetegnelse	Type 1)	FORTRENGNINGSPUMPE Produsent/pumpebetegnelse	Type 2)
		II		
Kjemisk sedimentert slam	Emilic Egger Co / T41-80 HF4 LB2	SK	Allweiler / AF2E750	E
Fortykket slam	Discflo			
Sirkulasjon i råmetank	Sala / ST11 44W	H	Seepex / 35-12 BN	E
Fra råmetank		H		
Slam sinkulaksjonspumping ved pasteurisering, 70°C.	IHS / S100-100 LGK			
Slam ut fra pasteurisering			Allweiler / AF2E750 / AE2E750	E
Slam til centrifugering			Rasch / R1 80 ER	E

1) Ulike typer sentrifugalpumper med følgende forkortinger :

Virvelhjulsprunge : H

Kamahjulsprunge : K

Skivepumpe : SK

Skruesentrifugalpumpe : SS

2) Ulike typer fortreningspumper med følgende forkortinger :

Eksenterskuepumper : E

Stempelpumper : ST

Løberotorpumper : L

Slangepumper : SL

FUGLEVIK RA, MOVAR	SENTRIFUGAL PUMPE Produsent/pumpebetegnelse	Type 1) FORTREGNINGSPUMPE Produsent/pumpebetegnelse	Type 2)
Kontaktperson : Eric Stenberg Telefon : 69 26 27 62	Halberg gmbh / DIISB 10022	H Seepex / 17-6L BN	E
Blandslam kjemisk - primær, 5-6 % TS Utrånet blandslam			E
GÅRDERMOEN RA Ullensaker kommune			
Kontaktperson : Willy Stora Telefon : 63 92 76 00			
Pumping fra buffer til fortykkermaskin 1-2 % TS.	A BS-Scanpump / FB 80/80-26 100 m/h	H Seepex/ 30-6L TBN	E
Sirkulasjonspumpe for råmetank.			
Pumping fra slamlager til centrifuge, max 8 % TS og 20°C.			
Pumper fra slamlåndstank, max 8 % TS.			
Pumpe for avvannet slam 25-30 % og 20- 25 °C.			

<b>HIAS</b>				
<i>Kontaktperson : Tor Fjærgård</i>				
<i>Tелефon : 62 57 40 50</i>				
Slam fra forsedimenteringen.	Scopex	H	Seepex / 35-6L BN	E
Råslam fra forlykker, 4 % TS			Allweiler / AE1E1450-ID	E
Bioslam	Turo Egger / TS7-150	H		
Kjemisk slam	Turo Egger / TS7-150	H		
Råslam 18 % TS, 12-13 °C			Allweiler / SEZP 1450.2 og SEP 380.2	E
Råslam 18 % TS, 80-120 °C			Allweiler / AE2E380-ID og AE1E1450-ID	E
Termisk hydrolyseret slam, 12-15 % TS, 80 °C.			Allweiler / SEP 380.2	E
Utrånet slam, 6 % TS, 40 °C.			Allweiler / AE1E200-ID	E
Utrånet og centrifugert slam, 28 % TS			Seepex / 17-24 BTI og 35-12 BTI	E
<b>KNARRDALSTRAND RA</b>				
<b>Porsgrunn kommune</b>				
<i>Kontaktperson : Leif Sigvaldsen</i>				
<i>Tелефon : 35 54 70 67</i>				
Råslam 1-6 % TS			35-6L NBR og 17-6L NBR	E
Utrånet slam			Seepex / 17-6L NBR og 35-6L NS	E
Slam termofile reaktorer ved 40-60 °C	Hidrostal / E 05 K og D 03 Q	SS		

## KNAPPEN RA

### Bergen kommune

Kontakperson: Vidar Aanstad  
Telefon: 55 50 14 87

Pumping av fortykket slam

Mekanisk slam fra sedimentering

Netzsch / nu80b  
Bredel slangepumpe / sp80

E  
SL

## LADEHAMMEREN RA

### Trondheim kommune

Kontakperson: Kato Lyngå

Telefon: 73 52 26 80

Pumping av mekanisk slam og sand.

Häny/  
2422 F2

Scan/  
FB 150/150-38

Häny/  
2421ff8

H

H

H

H

H

H

H

Pumpe til tørring av sed. Basseng,  
vedlikekh.

Mekanisk slam, flyteslampsumpc. 1-4 % TS

Mek.-Kjem. Slam, TS1-4 %

Fortykket mekanisk - kjemisk slam, 3-12  
% TS

Utrånet slam, 3-8 % TS

Avvannet slam, 25-40 % TS

Netzsch / nu80b  
Bredel slangepumpe / sp80

E  
SL

Seepex / 70-6L BN  
Börger / FL-518

E/  
L  
E

Seepex /  
35-12 BN  
KSP 17 HOV

ST

## **RAMBEKK RA**

### **Gjøvik kommune**

*Kontaktperson : Knut Erik Brøen*

*Tелефon : 61 18 74 30*

Mekanisk slam 1-3 % TS

Kjemisk slam 1 % TS

Blandet slam 1-2 % TS

Blandet slam 6-8 % TS

Rånett slam, rørånpumping i rånetank, 5-6 % TS  
Utstrømt slam, 4,6 % TS

ABS / FR-80/80-26

H  
Seepex /  
26-6L BN

## **RÅDALEN SLAMBEKK, ANL.**

### **Bergen kommune**

*Kontaktperson : Rune Frederick*

*Tелефon : 55 13 09 99*

Pumping av fortykkel sepikslam 1-4 % TS

Avvannet slam, 30 % TS

Seepex /  
17-6L BN

Seepex /  
35-24 BTII

## **SÅLEN RA**

### **Bamble kommune**

*Kontaktperson : Trond Morten Teigen*

*Tелефon : 35 96 50 00*

Sedimenter og fortykket slam fra 1-6 % TS

E

<b>SANDEFJORD RA</b>	
Kontaktperson : Stein Jørgensen	
Tелефon 33 46 64 72	
Sedimenter primærlam, 1,5-3 % TS	Seepex / 35-6L BN Børger / PI. 300
Fortykket slam 3-5 % TS	Scopex / 35-6L NS og 35-12 BN
Slam pasteurisering	Scopex / 35-12 BN
Utrånet slam, 3,5 % TS	Seepex / 17-6L BN
Til sentrifugering av slam, 3,5 % TS	Seepex / 17-6L BN og 35-6L NS
Fra sentrifugering til slamsilo, 25 % TS	Seepex / 17-24 TINS
<b>SENTRAL RA NORD-JÆREN, IVAR.</b>	
Kontaktperson : Eline Furie	
Tелефon : 51 41 26 05	
Sedimentert slam, 5 % TS	Seepex / 35-6L BN, 52-6L BN og 52-12 BN
Utrånet slam, 3 % TS	Seepex / 52-12 BN og 35-6L BN
Avvannet slam, 30 % TS	Putzmeister / KOS 1030
Avvannet slam 25 % TS	Seepex / 17-24 TINS

<b>VEAS</b>			
Kontaktperson : Dag Einar Aasen			
Telefon : 66 79 86 60			
Pumping fra sandfang	Häny	f1	
Sedimentert blandslam, TS 3-4 %		Seepex / 70-6BL	E
Fortykket bladslam, TS 8-10 %		Allweiler / AE2N2700 og AE1E2700	E
Surgjæret bladslam		Allweiler / AE1E2700	E
Slamsirkulasjon i rålnetanker, 4-5 % TS	Turoteknikk / T 51-100		E
Utrånet bladslam, TS 4-5 %		Allweiler / AE1E5000	
Flyteslam fra sandfang, 7-8 % TS		Seepex / 35-6L	E
Slam til vakuumfilter-presser, 4 % TS		Alfa Laval / Netsch 125 SY	E
<b>ALESUND KOMMUNE</b>			
Kontaktperson : Joar Strand			
Telefon : 70 17 36 54			
Sedimentert kjemisk slam, ca 2 % TS	Häny / 2421		
Fortykket slam, 4-7 % TS		Seepex / 10-6L BN og 17-6L BN	E
Sentrifugert slam, 20-25 % TS		Seepex / 17-24 TINS	E

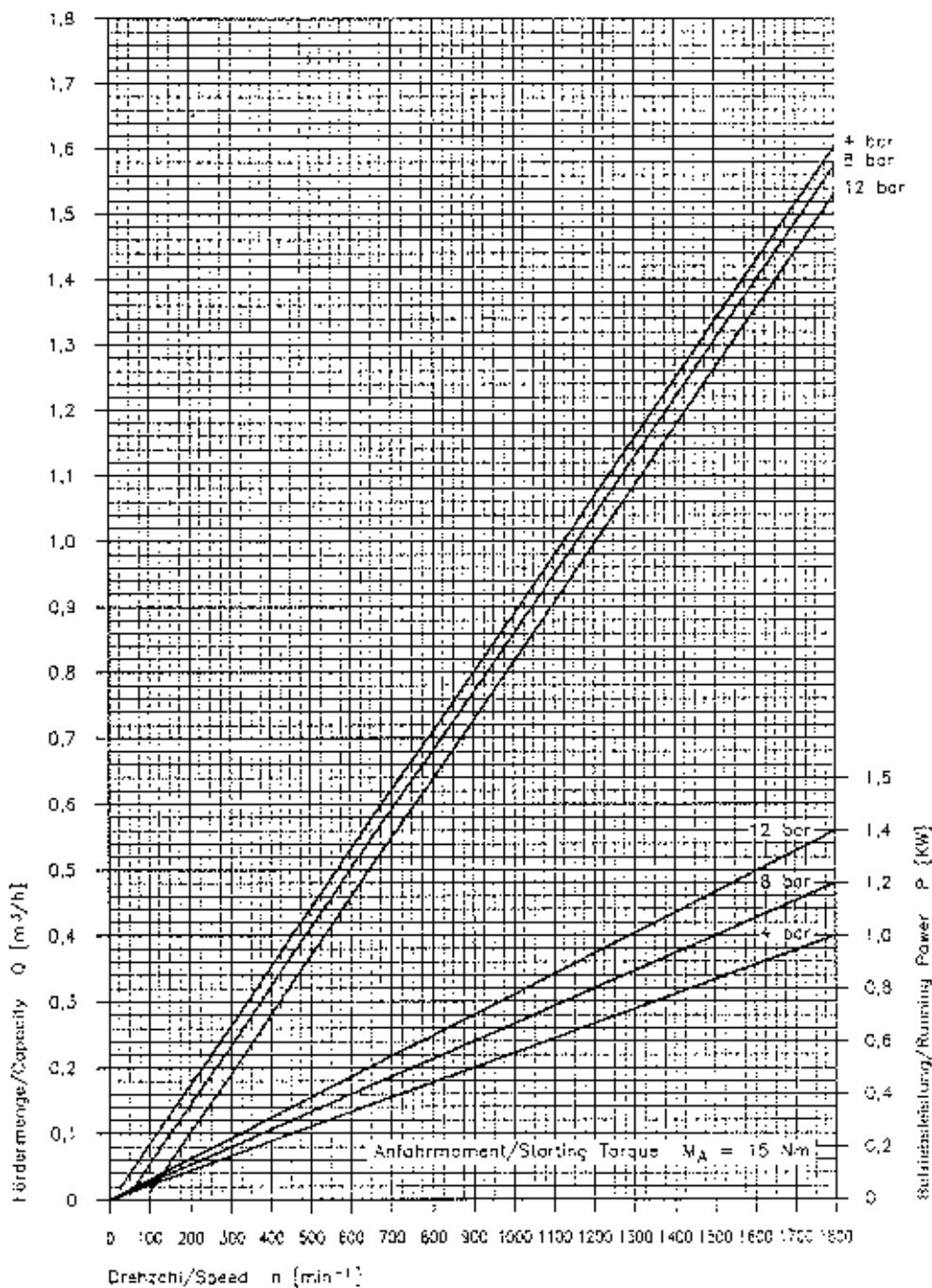
## VEDLEGG 2 : EKSEMPLER PÅ PUMPEKARAKTERISTIKKER FOR FORTRENGNINGSG- OG SENTRIFUGALPUMPE

Eksempel for fortrengningspumpe :

Kennlinien/Characteristic Curves

Baugröße/Size

025-12



Werke bezogen auf Wasser 20°C ; Hinweise zur Antriebsauslegung siehe PER  
Values based upon water 20°C ; For rates on drive selection refer to PER

Eksempel for centrifugalpumpe :

