

Håndbog i Energibesparelser

- på pumpe-systemer til spildevand

Marts 2006

Arbejdsgruppen under PSO - Forsknings- og Udviklingsprojektet 336-055
Energibesparelser ved optimering af tryksatte spildevandssystemer



Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
2	Hvad er et pumpesystem?	3
3	Hvad bruges energien til?	3
4	Pluk de frugter der hænger lavest.....	4
5	Tjek tilstanden i pumpesystemet.....	4
5.1	Kontraventiler	4
5.2	Koblingsfod.....	4
5.3	Pumpehjul.....	5
5.4	Ventiler	6
5.5	Utætheder.....	6
5.6	Uvedkommende vand.....	6
6	De elforbrugende apparater.....	6
6.1	Spar på varmen	7
6.2	Spar på ventilationen	8
6.3	Spar på lyset.....	8
6.4	Kompressordrift	8
6.5	Vakuumpumper	9
6.6	Hydraulikstation	9
7	Brug dine driftsdata.....	9
8	Pumpedriften	10
8.1	Belastning.....	11
8.2	Modtryk.....	11
8.3	Pumper	13
8.4	Driftsforhold	17
9	Frekvensregulering	19
9.1	Hvilke pumpestationer kan det betale sig at regulere?	19
9.2	Priser på frekvensomformere	20
9.3	Priser på installation	21
9.4	Kan man altid spare energi ved at frekvensregulere?	21
9.5	Andre gode grunde til at frekvensregulere pumpestationer	22
9.6	Hvilke ulemper kan der være ved frekvensomformerdrift?	23
10	Valg af frekvensomformer	25
11	Antal frekvensomformere.....	25
12	Placering af frekvensomformer	25
13	Installation af frekvensomformere.....	26
13.1	Regulering af frekvensomformere	26
13.2	Elektrisk støj (EMC).....	28
13.3	Andre ændringer.....	29
14	Styring af frekvensomformere.....	29
14.1	Pumpestart	29
14.2	Holdetid	29
14.3	Referenceniveau	30
15	Referencefrekvens.....	30
16	Beslutningsdiagram, installation af frekvensomformere.....	32
17	Checkliste til frekvensomformer-installation.....	33
18	Checkliste over mulige energibesparelser	34



1 Indledning

Denne "håndbog" er skrevet og udgivet som den operationelle del af PSO - Forsknings- og Udviklingsprojektet 336-055 med titlen: "Energibesparelser ved optimering af tryksatte spildevandssystemer". Projektet er gennemført af en arbejdsgruppe, bestående af Århus Kommune, Danfoss, ITT Flygt og Carl Bro as, i samarbejde med omkring 20 kommuner.

Håndbogen henvender sig først og fremmest til driftspersonalet, der står for den daglige drift af de kommunale spildevandspumpestationer, men vil også med fordel kunne anvendes af andre faggrupper, der beskæftiger sig med projektering, drift og vedligehold af spildevandsanlæg.

Formålet med håndbogen er at der spares energi, men der er samtidig i alle håndbogens forslag til energibesparelser foretaget en afvejning af, at arbejdsmiljøet og driftssikkerheden ikke forringes, når der laves energibesparelser.

I håndbogen beskrives de forskellige energiforbrugende komponenter i en almindelig spildevandspumpestation, og hvad der kan gøres for at reducere disse. Som det første gennemgås de enkelte komponenter, der sædvanligvis er installeret i en pumpestation, hvilken indflydelse de har på energiforbruget, og hvad der kan gøres for at formindske disse. Derefter beskrives, hvorledes der kan spares energi ved at frekvensregulere pumperne, hvilke pumpestationer som med fordel kan frekvensreguleres, hvilke besparelser og udgifter der er, samt hvordan frekvensomformerer installeres og styres bedst muligt.

Det skal understreges, at det er generelle betragtninger, der er beskrevet i håndbogen. Alle pumpestationer er forskellige og kan ikke direkte sammenlignes. Der skal derfor foretages en individuel vurdering af stationerne.

En energibesparelse kan kun påvises ud fra en sammenligning med det historiske energiforbrug, altså hvor stort er energiforbruget nu i forhold til, hvad det har været tidligere. Dette kan selvsagt ikke lade sig gøre ved nyanlagte pumpestationer. Man kan dog sagtens anvende de forskellige forslag og overvejelser, der er beskrevet i håndbogen, når nye pumpestationer skal projekteres. Jo tidligere i byggeprocessen disse besparelsetiltag tænkes ind, des billigere og mere energieffektive bliver pumpestationerne.

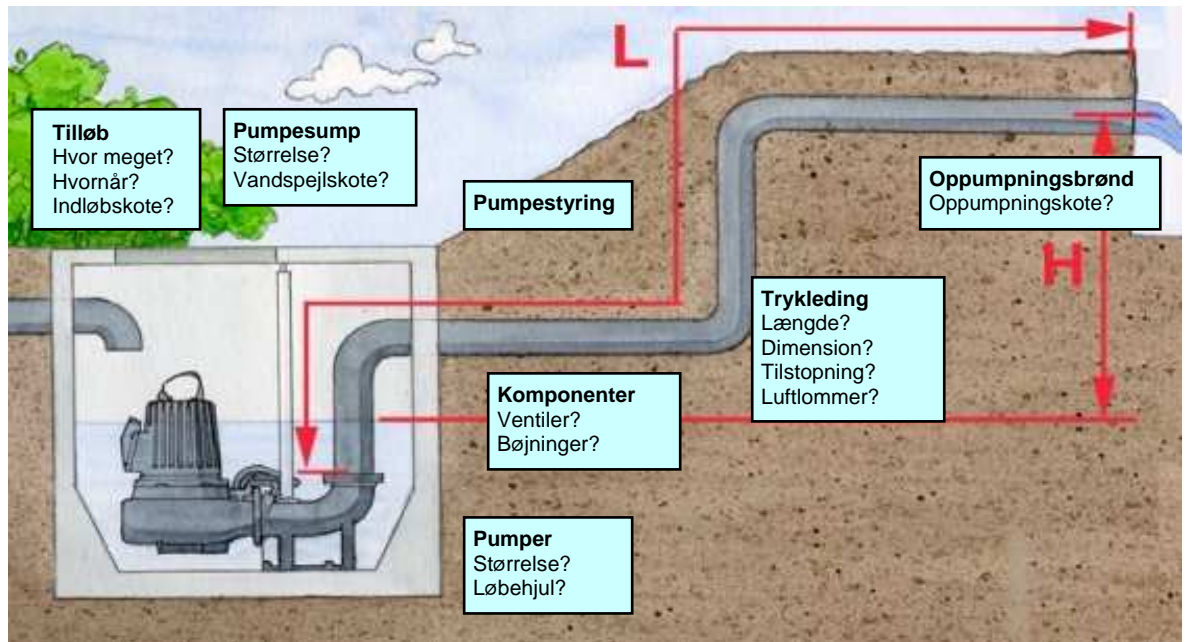
Energiforbruget i pumpestationer i Danmark er næsten udelukkende baseret på elektricitet. Vi har derfor udelukkende beskæftiget os med elforbruget i elektrisk drevne pumpestationer.

Sidst i håndbogen er der en oversigt over de forskellige muligheder for at opnå energibesparelser. Vi håber, at denne oversigt vil blive kopieret og hængt op på opslagstavlerne til daglig inspiration. Vi håber ligeledes, at håndbogen vil blive printet ud og vil ligge fremme i frokoststuen, så kollegerne kan bladere lidt i den, når der er tid og lejlighed.



2 Hvad er et pumpesystem?

I denne håndbog dækker betegnelsen "pumpesystem" ikke blot over selve pumpestationen, men også over tilløb, pumpeump og trykledning. Alle disse dele af systemet har betydning for energiforbruget.



3 Hvad bruges energien til?

Hvad er det, der får elmåleren til at snurre rundt?

En pumpestation kan være en temmelig kompliceret sammensætning af mange forskellige el-forbrugende komponenter med meget forskellige funktioner og elforbrug. De typiske komponenter er:

- Pumpe
- Varme
- Ventilation
- Lys
- Affugter
- Motorventiler
- Vakuumpumper
- Kompressorer
- Hydraulikstationer





4 Pluk de frugter der hænger lavest

Der er ingen grund til at kravle op i toppen af træet for at høste frugter, så længe man kan stå på jorden og plukke dem.

Oversat til energibesparelser betyder det, at du først skal starte med de besparelser, der ligger lige for, som ikke kræver investeringer, og som kan sættes i gang i dag (eller næste gang du er ude på pumpestationen)!

Når disse energibesparelser er igangsat, går du videre til de næste i rækken.

5 Tjek tilstanden i pumpe-systemet

Det første du bør gøre er at undersøge, om pumpestationen kører, som du forventer. Kører alternerende pumper i lige lang tid? Kører de i længere tid, end de plejer? Har de flere starter? Hænger driftstiden fornuftigt sammen med regnvejs- eller tøvejsperioder? Fungerer alle komponenter i pumpe-systemet, som de skal?

Hvis pumpe-systemet ikke kører, som det burde, vil det ofte medføre et højere energiforbrug end nødvendigt.

5.1 Kontraventiler

Hvis en kontraventil er utæt, løber vandet fra trykledningen tilbage igennem pumpen til sumpen. Pumpen skal derfor bruge energi på at pumpe det samme vand flere gange. En indikator på utætte kontraventiler kan være, at antallet af driftstimer på pumpen forøges eller, at der er forskel på pumpernes driftstimer (hvis de alternerer). Der kan også nogle gange observeres strømhvirvler omkring sugerørene i sumpen.

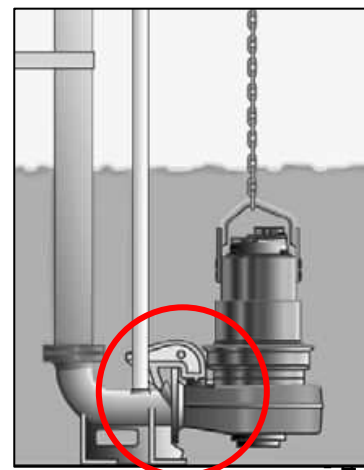
Hvis kontraventilen ikke åbner helt, når pumpen kører, stiger trykket i trykledningen, og pumpens kapacitet falder. Den skal derfor bruge mere energi til at pumpe den samme mængde vand. Det er hyppigst lodret monterede klapventiler, der har tendens til at "stoppe til", fordi sten og skidt ved pumpestop daler ned og lægger sig oven på ventillappen og dermed forhindrer, at den kan åbne helt. Kontraklapventiler bør derfor altid monteres på vandrette rørstrækninger.

Kuglen i kuglekontraventiler kan med tiden miste gummibelægningen på grund af slid og stød. Hvis først gummet mangler, slides ventsædet hurtigt.

Det er en god idé at foretage et regelmæssigt tilsyn af kontraventilerne for at sikre, at pakningsmateriale og sæde er rent og helt.

5.2 Koblingsfod

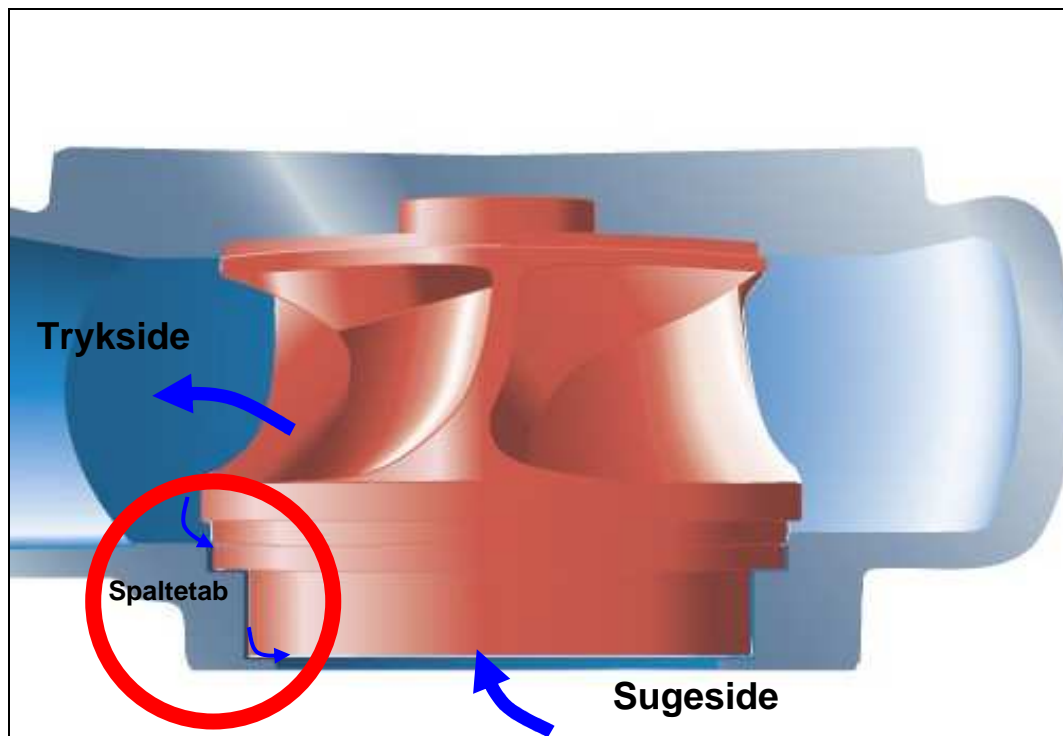
Dykkede pumper er monteret på guiderør, så de let kan sænkes på plads på trykledningen efter service. Pumpen holdes på plads med en "krog" således, at det er dens egen vægt, som trykker dens flange mod trykrørets flange. Ved hver pumpestart "vipper" pumpen en smule, og vand og partikler presses ud igennem spalten. Dette skaber et slid på flangerne og dermed utætheder, som øges med tiden. Nogle pumpefabrikater har en gummipakning monteret på flangen. Det giver en bedre pakning det første stykke tid, men den slides hurtigere. Jo større modtrykket er i trykledningen, des større bliver dette tab.



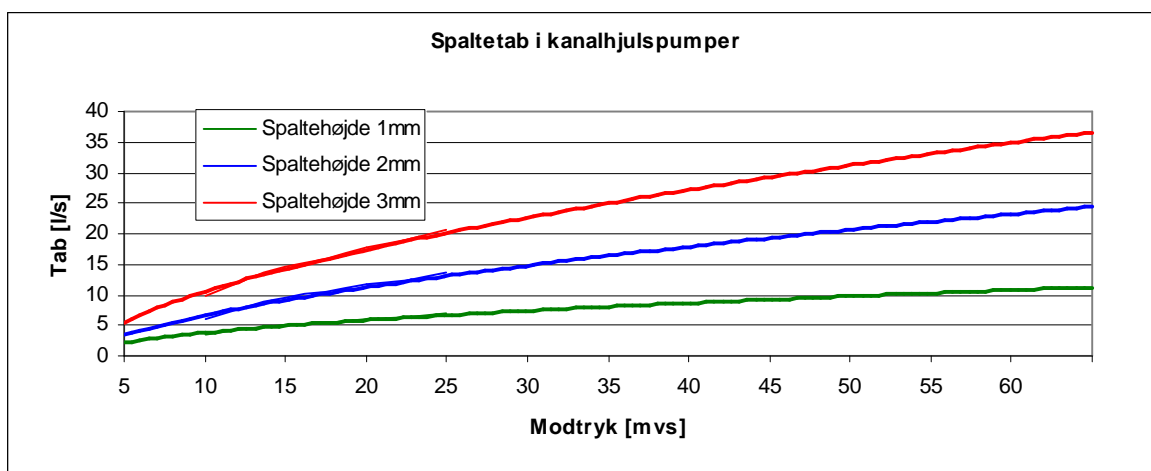


5.3 Pumpehjul

I kanalhjulspumper monteres løbehjulet ned i en udfræsning i bunden af pumpehuset. For at hjulet skal kunne dreje rundt, er der en lille spalte imellem pumpehjul og pumpehus. I udfræsningen er der placeret en slid-ring, der kan udskiftes.



Der vil altid blive presset en lille vandstrøm igennem spalten på grund af trykforskellen imellem tryk- og sugesiden. Dette betegnes som spaltetabet. Efterhånden som slidringen slides bliver spalten større og der trykkes mere vand igennem. Spaltetabet forøges. Jo højere modtrykket er i trykledningen, des mere vand trykkes igennem spalten. Hvor meget spaltetabet betyder, kan du se på nedenstående graf.



For at holde spaltetabet så lille som muligt, skal du løbende kontrollere det. Er det blevet større end pumpefabrikanten beskriver, skal det justeres eller slid-ringen skal udskiftes.



5.4 Ventiler

Almindelige håndbetjente skydeventiler kan "rykke" sig en smule, når de udsættes for vibrationer og trykstød. De kan derfor stå og lukke sig stille og rolig over tid. Det er derfor en god vane at tjekke, at alle ventiler står som de skal. Hvis enkelte ventiler har særlig tendens til at ændre indstilling "af sig selv", kan de tøjres med snor eller kæde.

5.5 Utætheder

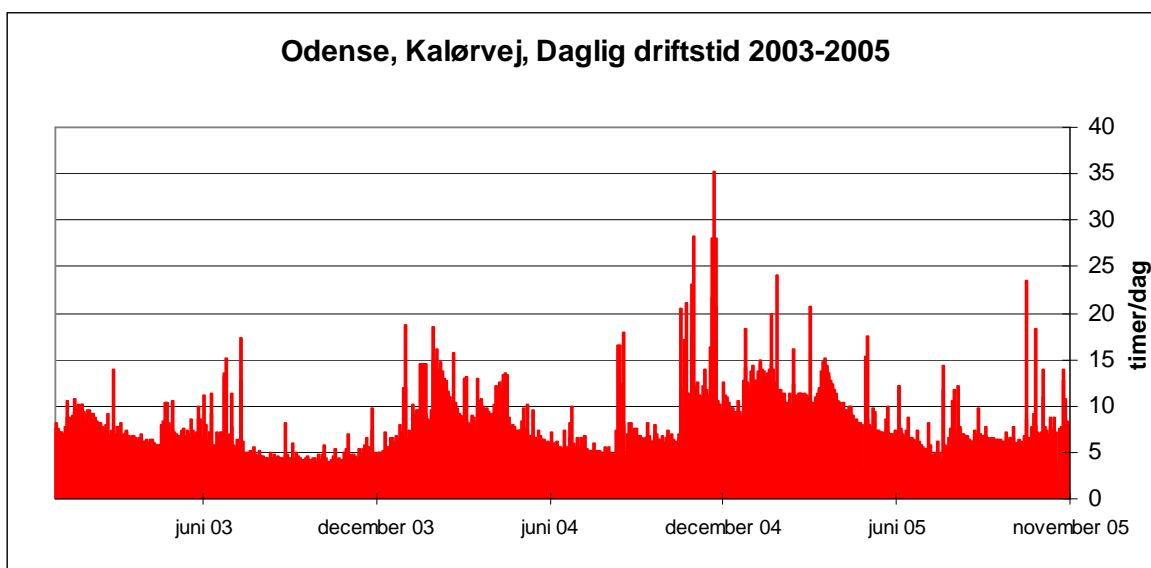
For alle ovennævnte komponenter gælder, at de skal være tætte. Først og fremmest af hensyn til arbejdsmiljøet men også af hensyn til, at der ikke trækkes luft med ind i pumpe- og ledningssystemet ved pumpestop (vakuüm i trykssystemet kan opstå som følge af trykstød). Betydningen af luft i trykssystemet er beskrevet senere under "luftlommer".

5.6 Uvedkommende vand

Jo mere vand en pumpe skal flytte, des mere energi bruger den. Utætheder i ledningsnettet opstrøms betyder, at uvedkommende vand siver ind og bliver ført til pumpestationen. Der er også mange eksempler på, at selve pumpeumpen er utæt, så højtliggende grundvand siver ind og belaster pumpedriften.

Hvis man ud fra sine driftsdata fra overvågningssystemet, udarbejder et diagram over hvor mange timer pumperne kører pr. dag, er det nogle gange muligt at se variationen i denne indsigning.

I nedenstående eksempel er det data fra en pumpestation i Odense, der er omsat til et diagram. Her ses tydeligt en årstidsvariation i antallet af daglige driftstimer, svarende til stor indsigning (høj grundvandsstand) i vinter-/forårsperioderne og lav indsigning i sensommer-/efterårsperioderne. De enkeltstående spidser er regnvejrsgage.



6 De elforbrugende apparater

Efter at pumpe-systemet er kigget efter i sømmene, kommer turen til de forskellige apparater og maskiner i pumpestationen, som bruger energi. På de små apparater (som kun bruger én fase, 230 volt) er det ofte muligt at indsætte en simpel energimåler i en periode. (Energimålerne kan købes i supermarkeder for ca. 200 kr.) Man kan således



hurtigt danne sig et indtryk af de forskellige apparaters energiforbrug. Man skal dog være opmærksom på, at der kan være store årstidsvariationer i forbruget.

6.1 Spar på varmen

I de fleste pumpestationer er der opsat varmeapparater, som regel elvarme-paneler. Elforbruget til opvarmning kan være meget stort. Der er eksempler på, at op til 40-50% af den el, der bliver brugt på pumpestationer, anvendes til opvarmning.

Hvor meget bruges der hos jer?

Den el der bruges til varme er dyrere end den der bruges til pumperne og resten af pumpestationens drift. Det skyldes at der er lagt ekstra afgifter på el der bruges til varme. Afgifterne er på 56,6 øre pr. kWh. +moms. Den koster altså næsten dobbelt så meget som "proces-el".

Det er dog langt fra altid, at der er behov for at tilføre varme til pumpestationerne. De vigtigste grunde til at opvarme pumpestationerne er, at forhindre frost og kondens samt at have varmt vand til håndvask efter tilsyn.

6.1.1 Frostsikring

Frost forekommer sædvanligvis kun i pumpestationer over terræn. Det vil sige, at der sjældent er grund til at frostsikre nedgravede stationer. For at holde de overjordiske stationer frostfri er det tilstrækkeligt, at varmepanelets termostat står på 4-5 grader. Hvis termostaten står højere, er det spild af penge. Ofte opvarmes pumpestationerne til 15-18 grader. Det er da også behageligt at komme ud på tilsyn på sådanne stationer, men som regel er der jo kun tilsyn 4-12 timer om året, så det er en meget dyr behagelighed. Der spares ca. 5% for hver grad, temperaturen sænkes.

Hvilken temperatur er der i jeres pumpestationer?

6.1.2 Kondens

Kondens forekommer, når luftens almindelige fugtindhold kondenserer på kolde flader, f.eks. på rørføring i stål (spildevand er ca. 7-8 grader), eller på væggene i en nedgravet station.

Affugtning ved opvarmning er en meget dyr løsning. En billigere og lige så god løsning er at opstille en affugter, som kun bruger en brøkdel af den el, som et varmeapparat bruger til samme funktion. En anden fordel er, at den el, som affugteren bruger, betegnes som "proces-el", som på grund af mindre afgifter kun koster det halve af, hvad "opvarmnings-el" koster. Det kan også overvejes, om kondens overhovedet er et problem. Bortset fra el-tavlen kan alle komponenterne i en pumpestation tåle fugt, så hvis el-tavlen er placeret i eget skab over terræn, bør det vurderes, om der overhovedet skal affugtes.

Hvis der er store problemer med kondens, kunne det være en løsning at isolere den øverste meter af pumpestationen. Det er typisk på denne del af overfladen at fugten kondenserer.

6.1.3 Vandvarmere

I mange pumpestationer er der også opsat vandvarmere, så det er muligt at vaske hænder i varmt vand efter service. I mange tilfælde sidder der en 10-50 liters varmtvandsbeholder opvarmet med et elvarmelegeme, der holder vandtemperaturen på 40-60 grader. Det er meget vand at holde opvarmet året rundt for at kunne vaske hænder få gange (selv om en del af varmetabet kommer resten af stationen til gode), og varmetabet fra beholderen er



400-800 kWh om året. Hvis der kun skal anvendes varmt vand til håndvask, vil en mere energirigtig løsning være, at opsætte en lille gennemstrømsvandvarmer. Gennemstrømsvandvarmeren har næsten intet forbrug i standby - kun når der bliver tappet vand.

6.2 Spar på ventilationen

Hvis pumpestationens teknikrum eller pumperum ikke har direkte forbindelse med pumpe-sumpen (eller andre "rum" med åbent spildevandsspejl), er det ikke sikkert, at der er behov for konstant ventilation. Hvis det vurderes, at der ikke er risiko for, at der kan forekomme sundhedsskadelige dampe i rummet, er det tilstrækkeligt at ventilere rummet, når der arbejdes i det. Dette skal dog tages op i jeres sikkerhedsorganisation, så I er sikre på, at Arbejds-miljølovens regler overholdes.

Det koster energi at drive en ventilator (500-2000 kWh om året hvis den kører hele tiden), og det koster energi at skulle opvarme den luft, der skal erstatte den, der bliver blæst ud til gråspurvvene.

Du kan opsætte forskellige styringer af ventilatoren. F.eks. en hygrostat der starter ventilationen når der er for fugtigt, eller en termostat der slukker ventilatoren når det bliver for koldt. Ventilatoren kan også kobles til lyskontakten, så den starter når lyset bliver tændt.

6.3 Spar på lyset

Energiforbruget til belysning i pumpestationerne er meget lille, hvis lyset bliver slukket, når stationen forlades. Hvis man ofte glemmer at slukke lyset, kan der opsættes bevægelsesfølere i stationen, der automatisk slukker lyset efter en tid.

Mange stationer har også lys installeret i pumpe-sumpen, og hvor afbryderen er opsat i teknikrum / pumperum. Der er derfor risiko for, at lyset ikke bliver slukket efter endt inspektion. For at sikre at lyset slukkes, kan der indsættes en timer på afbryderen, som automatisk slukker lyset efter f.eks. 15 minutter.

6.4 Kompressordrift

Kompressorer laver trykluft, som anvendes til flere forskellige funktioner, f.eks.:

- Luftdrevne (pneumatiske) ventiler og spjæld
- Vedligeholdelse af luft / vandspejl i hydroforer (vindkedler)
- Ejektorsystemer til evakuering af luft over pumpe-hjulene

Trykluft er en nem, men også dyr måde at overføre kraft på. Man bør derfor altid overveje, om det er muligt at erstatte tryklufdsdrevne komponenter med f.eks. direkte motordrev.

Generelt gælder det for trykluft, at kompressortrykket skal holdes så lavt som muligt. Der er ingen grund til at presse luften sammen med 7 bars tryk, hvis der kun er behov for 4 bar til at drive ventilerne. Man sparer 7-8% energi for hver bar, man nedsætter trykket med. Det er vigtigt at holde trykluftsystemet tæt. Et hul i en trykluftledning på 1 mm betyder et ekstra elforbrug på 1500 -5000 kWh om året. Jo højere tryk, des dyrere er det. Man skal være opmærksom på, at det ikke altid er muligt at høre utætheder, fordi lyden ligger uden for vores høreområde. Der findes specielle måleinstrumenter, der er beregnet til at finde disse lækager.



Hvis man vil vide, hvor meget af elforbruget, der går til kompressordriften, kan man (på store kompressorer) aflæse timetælleren de næste gange, der er tilsyn, og derefter gange det med det kW-forbrug, der står på kompressorens mærkeplade. På små anlæg (230 Volt) kan der indsættes en energimåler.

6.5 Vakuumpumper

Vakuumpumper bruges til at fjerne (evakuere) luft over pumpehjulene, når de er placeret over vandspejlet i sumpen.

Det er vigtigt, at evakueringsystemet er helt tæt, så luft ikke siver ind, og at sensoren, der måler undertrykket, ikke er stoppet til. I begge tilfælde vil det betyde, at vakuumpumpen kører i længere tid end nødvendigt.

6.6 Hydraulikstation

Hydraulik bruges til at åbne og lukke ventiler og spjæld. Ligesom trykluft er det en dyr måde at overføre kræfter på. Det er værd at overveje, om arbejdet kan udføres på en anden måde, f.eks. med et motordrev.

7 Brug dine driftsdata

Langt de fleste pumpestationer sender alarmer og data hjem til det centrale overvågningsanlæg. Altså oplysninger om stationens drift og tilstand her og nu.

Som beskrevet i afsnit 5 "Tjek tilstanden i pumpe-systemet", kan man ved at sammenligne disse med tidligere data, få oplysning om begyndende uregelmæssigheder i pumpe-driften.

Mange af disse data kan også bruges til at kortlægge, hvilke muligheder der er for at opnå energibesparelser. Det er først og fremmest data om

- daglig driftstid
- antal starter
- elforbrug
- pumpede vandmængder (flow)
- regnmængder
- samtidig drift af flere pumper

der kan anvendes til dette. Oftest er der kun oplysninger om daglig driftstid og antal starter, der bliver registreret.

For at kunne udnytte disse driftsdata, skal de være tilgængelige. Det er ikke nok, at man kun kan se dagens eller månedens data. For at få fuldt udbytte af dem skal man have data for en længere periode, så man kan se udviklingen og variationen i pumpestationens drift. Dette kræver, at det centrale overvågningsanlæg er i stand til at lagre disse datamængder, og at de kan kaldes frem, når som helst. Det skal derfor være sat op til at

- gemme data som dagsdata
- gemme data i mindst 3 år
- du selv kan hente og bearbejde disse data

Data kan bruges til at lave nøgletal. F.eks. hvor mange driftstimer eller starter pumperne sædvanligvis bør have. Hvis det viser sig, at pumperne overskrider nøgletallet, eller at den ene kører mere end den anden, tyder det på, at der er ved at opstå fejl på pumpestationen. En fejl der ellers først vil blive opdaget ved en alarm.



Ved at bruge data til at fremstille grafer over de sidste par år, er det muligt at danne sig et billede af, hvor stor indsivningen er i oplandet (se afsnit 5.6 "Uvedkommende vand") og bruge dette, hvis man overvejer kloaksaneringer.

De historiske data kan også anvendes til at se, hvor meget "overkapacitet" pumperne har. Denne oplysning kan bruges, hvis man overvejer at skifte pumper eller at frekvensregulere pumperne.

Oplysninger om pumpestationens elforbrug er meget vigtig i forbindelse med energibesparelser. Du skal vide, hvad du har brugt, før du kan vide, hvad du har sparet. Data om pumpestationernes elforbrug kommer ikke altid "hjem" til overvågningsanlægget sammen med de øvrige driftsdata. Disse oplysninger aflæses oftest manuelt ude på stationen, når der alligevel er tilsyn, eller når elregningen kommer fra elforsyningselskabet.

Ved at sammenligne elforbruget med antallet af driftstimer kan man få et nøgletal for, hvor meget energi der bruges pr. pumpedriftstime. Selv om der er andre "elforbrugere" på pumpestationen (varme, ventilation osv.), giver det alligevel mulighed for at se, hvis elforbruget stiger, uden at det umiddelbart kan forklares.

Jo oftere man får oplysninger om elforbruget, des større er mulighederne for at opdage en sådan stigning i forbruget.

8 Pumpedriften

Det kommer næppe bag på nogle, at de største elforbrugere i en pumpestation er pumperne. De forskellige forhold, der har betydning for pumpernes elforbrug, er beskrevet herunder. De er nævnt i den rækkefølge ud fra, hvor nemt det er at ændre på forholdene og dermed spare energi. Øverst står de forhold, der ikke umiddelbart lader sig ændre, og sidst står de forhold, der kan ændres i dag (De "lavesthængende frugter").

- Belastning
 - Vandmængde

- Modtryk
 - Geometrisk løftehøjde (H_{geo})
 - Ledningslængde og -dimension
 - Komponent- og enkelttab

- Pumper
 - Tilpasning af pumpens kapacitet
 - Systemvirkningsgrad
 - Løbehjul

- Driftsforhold
 - Ledningsruhed og aflejringer
 - Luftlommer
 - Sumpstørrelse
 - Antallet af starter



Specifikt energiforbrug

Når vi taler om forskellige pumpe-energiforbrug, er det fordi vi vil vide, "hvad får vi for pengene". Her har vi brug for at benytte et begreb, der hedder "**specifikt energiforbrug**", forkortet E_{spec} . Det er et udtryk for, hvor mange kiloWatt-timer der bruges til at flytte en kubikmeter vand, $[\text{kWh}/\text{m}^3]$ i det aktuelle pumpesystem. Den samme pumpe har forskelligt specifikt energiforbrug afhængigt af, hvor højt, langt og hurtigt den skal flytte vandet.

8.1 Belastning

Pumpestationens belastning er et udtryk for, hvor meget vand der løber til stationen og hvornår. Jo mere vand der løber til, des mere energi skal der bruges på at transportere det videre. Vandmængderne kan kun ændres ved at fjerne uvedkommende vand eller separere oplandet.

8.2 Modtryk

Det modtryk, som pumperne skal overvinde, har stor indflydelse på energiforbruget. Det er bestemt af, hvor højt vandet skal pumpes op (den geometriske løftehøjde eller det geometriske modtryk, H_{geo}), hvor langt det skal pumpes, igennem hvilke rørdimensioner, ventiler og bøjninger det skal pumpes, samt med hvilken hastighed det pumpes.

Hvor højt og langt vandet skal pumpes, kan der ikke umiddelbart ændres ved. Dette kan sædvanligvis kun ske ved projektering af en ny pumpestation, (eller ombygning/udskiftning af trykledningen), hvor det er muligt at påvirke valget af trykledningens tracé. Står stationen over for en sanering, bør udformning af rørføring og manifold og valg af ventiler udføres, så modtrykket bliver så lille som muligt.

En del af det samlede, totale modtryk (H_{tot}) stammer fra den "friktion" der opstår, når vandet skal presses igennem manifold og trykledning. Det kaldes det dynamiske modtryk, H_{dyn} . Jo hurtigere det skal presses igennem, des højere er "friktionen" og dermed energiforbruget. Det svarer til, at en bil bruger mere benzin pr. kørt kilometer, når den kører 130 km/t, end hvis den kører 80 km/h. Den kommer godt nok hurtigere frem, men det koster noget mere pr. km.

H_{geo}	Det geometriske modtryk	Hvor højt vandet skal pumpes
H_{dyn}	Det dynamiske modtryk	Hvor stor "friktion" der er i rørsystemet
H_{tot}	Det samlede modtryk	$H_{\text{geo}} + H_{\text{dyn}}$

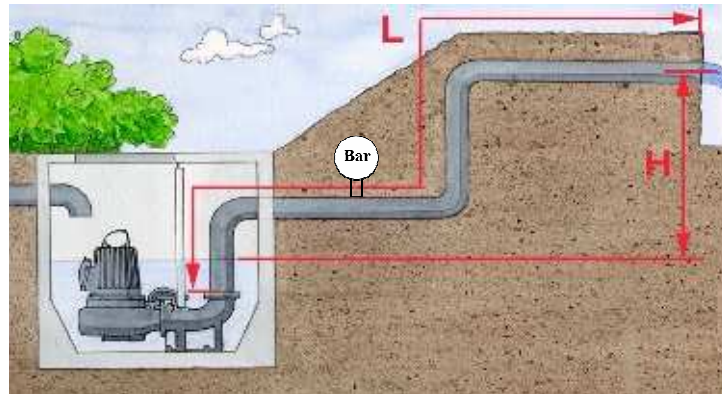
Sådan måler du modtrykket

Monter et manometer på trykledningen efter (nedstrøms) kontraventilen og aflæs trykket, når pumperne er standset. Så har du fundet det geometriske modtryk, H_{geo} . Manometeret viser oftest trykket i enheden "bar" eller "mvs" (meter vandsøjle). 1 bar svarer til 10 mvs.

Aflæs manometeret igen når 1 pumpe kører. Det aflæste tryk svarer til det totale modtryk i trykledningen, H_{tot} .

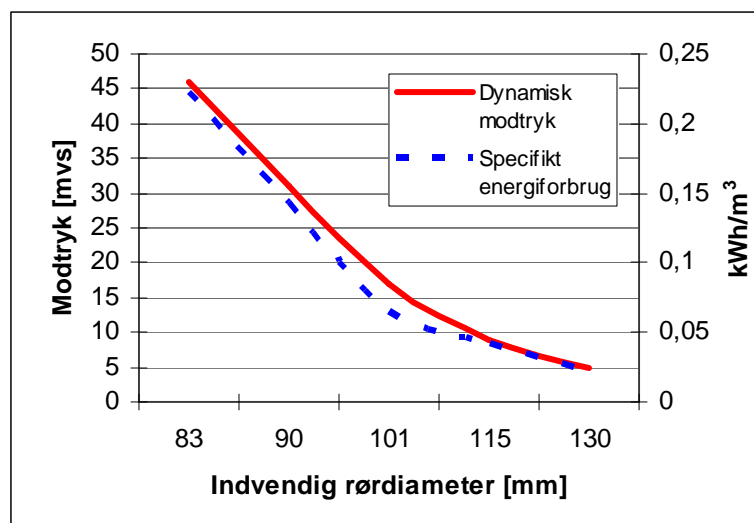
Beregn H_{dyn} ved at trække H_{geo} fra H_{tot} .

Hvis manometeret er placeret højere end vandspejlet i pumpeumpen, skal du huske at lægge denne højdeforskel til dine aflæsninger (både H_{geo} og H_{tot}). Er manometeret placeret lavere, skal højdeforskellen trækkes fra.



Trykledningens diameter har stor indflydelse på "friktionen". Jo mindre rør man vil trykke en bestemt vandmængde igennem på en bestemt tid, des større bliver friktionen og dermed modtryk og energiforbrug pr. m³ vand (specifikt energiforbrug).

Nedenstående figur viser det dynamiske modtryk og det specifikke energiforbrug, når der skal presses 10 liter/sek. igennem en 1000 meter lang trykledning af forskellig dimension.



Umiddelbart ser det altså ud til, at det gælder om at have en stor rørdiameter, hvor modtrykket og det specifikke energiforbrug er lavt. Men, da spildevand indeholder meget stof, der er tungere end vand, kræves der en vis vandhastighed for, at disse stoffer føres med og ikke bundfælder sig i trykledningen. Jo mindre diameter, des højere hastighed.

Det er god dimensioneringspraksis at vælge en ledningsdimension, der giver en vandhastighed på 0,8-1,0 meter pr. sekund. Det er ud fra dette, at de fleste trykledninger er dimensioneret.

Erfaringer fra mange pumpesystemer viser imidlertid, at der ikke sker øget bundfældning ved at køre med hastigheder ned til 0,3 m/s, HVIS trykledningen ind imellem "gennemskylles" med en vandhastighed på 1 m/s. Hvor hyppigt denne "gennemskylning" skal foretages, er et erfarings spørgsmål og afhænger af spildevandets sammensætning, men som minimum en gang dagligt.



Find det specifikke energiforbrug

Først skal du finde ud af, hvor meget vand pumpen flytter [m^3/time]. Dette gøres lettest ved at anvende en flowmåler. En anden metode er at tage tid på, hvor hurtigt pumpen fjerner vandet fra pumpe-sumpen (her skal du også beregne tilløbet og sumpens størrelse). Samtidig måler du pumpens elforbrug. Det er ikke præcist nok at anvende fabrikantens angivelse af pumpekapacitet og effektforbrug.

Hvis målinger f.eks. viser:

Flow: 40 m^3/time
Elforbrug: 10 kW (eller 10 kWh pr. driftstime)

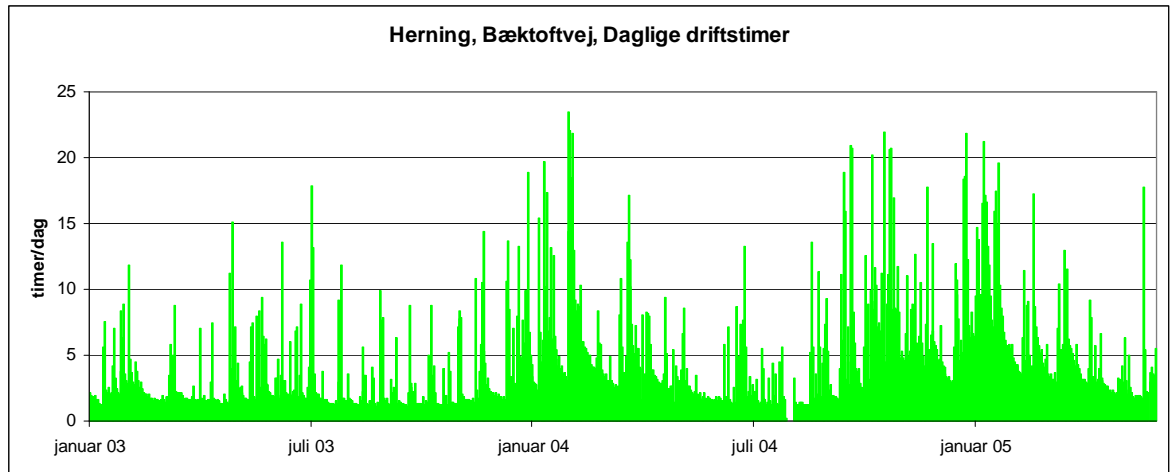
Så er det specifikke energiforbrug = elforbrug/flow eller $10/40 = 0,250 \text{ kWh}/\text{m}^3$

8.3 Pumper

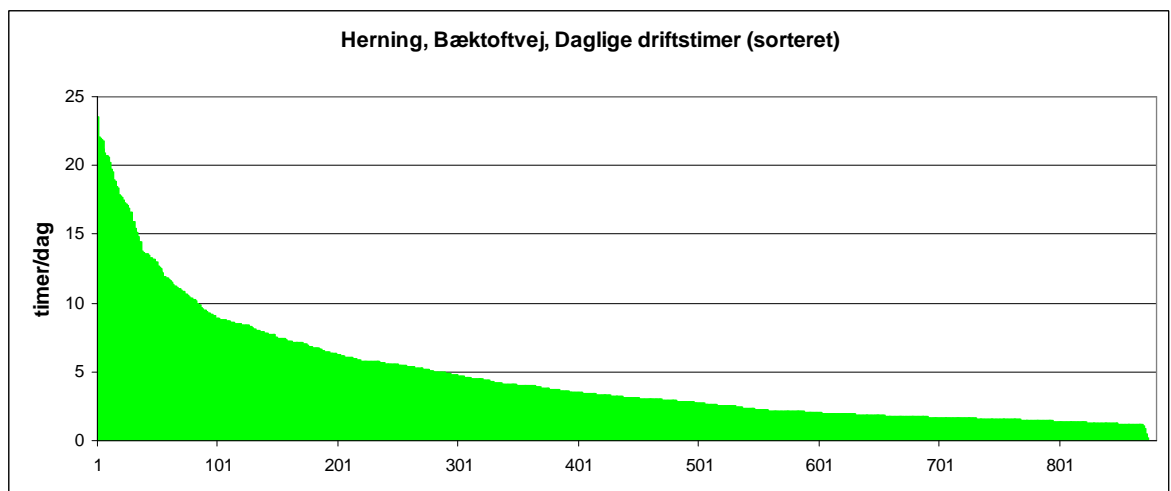
Kapaciteten på de pumper der er stillet op på pumpestationerne, er i langt de fleste tilfælde valgt dengang da pumpestationen blev projekteret. De blev dimensioneret ud fra det tilløb, man dengang regnede med ville komme til stationen. Det er dog langt fra altid, at tilløbet kommer til at passe med den valgte pumpe-størrelse. Det kan være, at indsvivningen af uvedkommende vand eller befæstningsgraden i oplandet er større end forudsat, eller at en planlagt separering ikke er foretaget og derfor ikke har fjernet de vandmængder, man havde regnet med. Det kan være, at planlagte udstykninger er blevet udskudt, eller store enkelt udledere er nedlagt (f.eks. industrivirksomheder). Alt sammen forhold der har påvirket tilløbsmængderne, så de opstillede pumper ikke længere kører optimalt.

Hvis der kommer mere vand til stationen, end pumperne har kapacitet til at fjerne, skal det nok blive opdaget hen ad vejen. Så sker der opstuvning i pumpe-sumpen og i ledningssystemet og måske overløb fra pumpestationen. Dette sker forholdsvis sjældent og typisk kun ved kraftige regnskyl. I langt de fleste tilfælde er pumperne meget større, end der er behov for til daglig.

Omstående diagram viser, hvor mange timer om dagen pumperne i en pumpestation har kørt i løbet af en 2½-års periode. De data, der er brugt til at lave diagrammet, er hentet fra overvågningssystemet. Stationen modtager vand fra et fælleskloakeret opland, og det er tydeligt at se de enkeltdage og perioder, der har været med meget regn. Her kører pumperne mange timer om dagen. Der er også en tydelig årstidsvariation, som kan skyldes indsvivning.



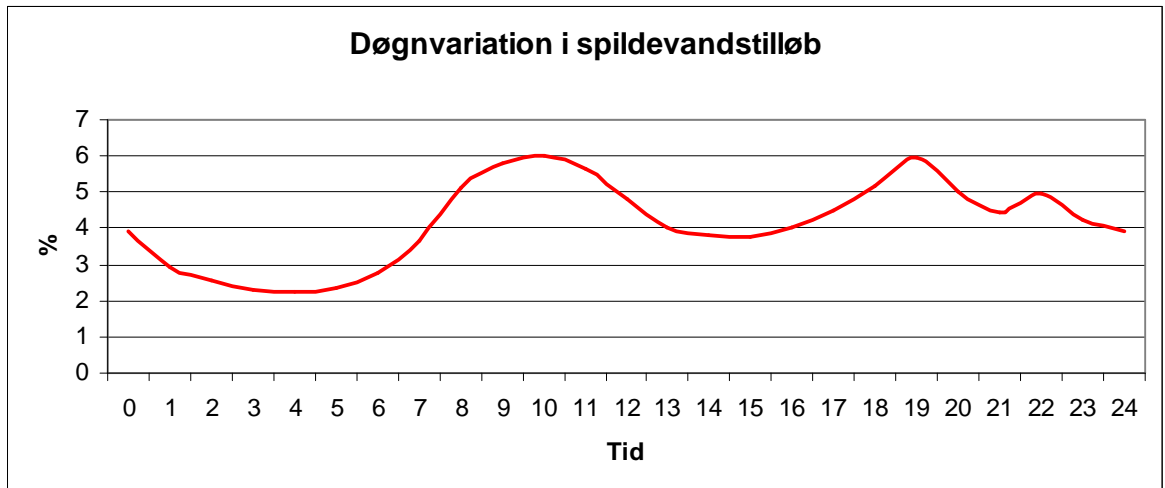
Hvis disse data sorteres i et almindeligt regneark, og der laves et nyt diagram, hvor de dage med flest pumpe timer står længst til venstre, ser det således ud:



Her er det tydeligt at se, hvor mange dage om året der faktisk er brug for den fulde kapacitet, altså hvor pumpestationen er i drift 24 timer i døgnet. I flere end 9 ud af 10 dage er der brug for mindre end den halve pumpekapacitet. Altså kunne pumpekapaciteten halveres i disse dage.

Men der er stadig brug for den fulde pumpekapacitet i dagene med stor afstrømning. Ved at ændre på pumpens kapacitet er det muligt at tilpasse mængden af vand, der løber til pumpestationen.

Selv om denne pumpestation ikke får tilført regnvand fra et fælleskloakeret opland, vil der oftest være variationer i tilløbet alligevel. Dette skyldes, at de tilsluttede husstande bruger vand på forskellige tidspunkter af døgnet. På figuren på næste side er der vist et typisk døgnforløb for en pumpestation. Også her er der få perioder, hvor der er brug for pumpens fulde kapacitet. Hvis pumpestationen modtager vand fra et vidtstrakt opland eller fra flere andre pumpestationer, "flader" variationer dog ud.



Det er altså vigtigt, at de pumper, der står i pumpestationen, har den rigtige størrelse. Det vil sige, at de kan fjerne det vand, der kommer til, også i spidslastperioderne. Hvis pumperne er for store, vil de have mange starter og kun køre i kort tid. Det både slider på pumperne og bruger meget energi (se afsnit "Reducer antallet af starter"). Ved at regulere pumpehastigheden kan vandets hastighed og dermed det dynamiske modtryk (H_{dyn}) nedsættes og spare energi.

8.3.1 Hvordan tilpasses kapaciteten

En pumpe kapacitet kan ændres på flere måder, f.eks. drøvling, skift af pumpehjulsstørrelse eller ændring af omdrejningsantallet.

Der findes i praksis 3 måder at regulere omdrejningsantallet på en motor på:

- Polomkobbelt motor
- Gearing
- Frekvensomformer

Før frekvensomformerer blev udviklet, havde man ikke mange muligheder for at ændre på omdrejningstallet, mens motoren kørte. Hvis man ville skifte hastighed, måtte man anvende polomkobbeltbare motorer, hvor der kun kunne skiftes imellem få hastighedstrin, eller man måtte bruge en gearkasse. Med frekvensomformerer kom muligheden for trinløst at ændre motorens omdrejningstal. I løbet af de sidste årtier er priserne på effektelektronik faldet så meget, at frekvensomformerer kan bruges til hastighedsregulering, selv i mindre pumpeinstallationer.

I afsnit 9 "Frekvensregulering" kan du læse meget mere om frekvensomformere.

8.3.2 Virkningsgrad

Hvis man forestiller sig, at alt den elektricitet, der leveres igennem forsyningskablet, blev anvendt til at transportere vandet igennem trykledningen, så ville pumpestationens virkningsgrad være 100%. Desværre er dette umuligt. Der vil altid forekomme tab i motorer, pumper, frekvensomformere eller remtræk. Typiske virkningsgrader er:

- Motorer ca. 90-95 %
- Pumper ca. 45-70%
- Remtræk ca. 95%
- Frekvensomformere ca. 95-98%



Disse virkningsgrader skal ganges sammen for at finde pumpestationens samlede virkningsgrad. Typisk ligger virkningsgraden på en pumpestation på 35-60%. Den energi, der bliver tabt, omsættes til varme.

Det teoretiske specifikke energiforbrug, altså hvor der ikke er tab og virkningsgraden er 100%, er $0,0027 \text{ kWh/m}^3$ pr. meter vandsøjle [mvs] totalt modtryk.

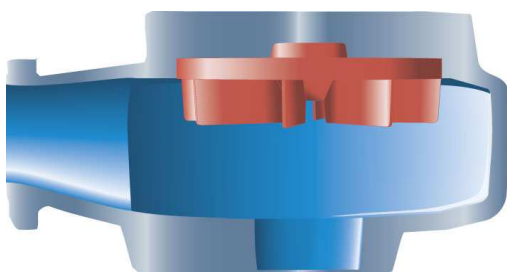
Find virkningsgraden på dine pumpestationer?

Først finder du det totale modtryk, H_{tot} (se boks "Sådan måler du modtrykket"). Hvis du ganger det fundne totale modtryk med $0,0027$, finder du ud af pumpestationens teoretiske specifikke energiforbrug, altså hvor mange kWh der skal bruges til at flytte 1 m^3 vand fra pumpebassin til oppumpningsbrønd, hvis der ikke opstod tab. Dette skal så sammenlignes med pumpestationens faktiske specifikke energiforbrug.

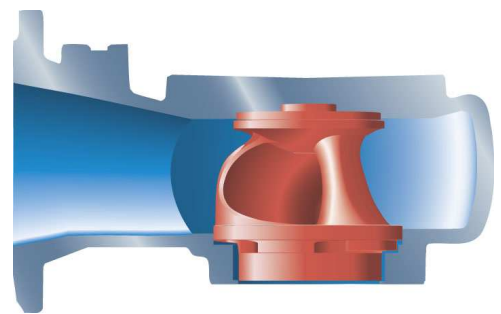
8.3.3 Valg af løbehjul

Det gælder altså om at anvende komponenter med så lille et tab som muligt for at udnytte energien bedst muligt. F.eks. har pumper med fristrøms-hjul et tab på ca. 55% mens pumper med kanalhjul "kun" har et tab på 30%. Det er i vid udstrækning et holdnings spørgsmål, der afgør hvilket løbehjul der vælges. Nogle har erfaringer med, at kanalhjul lettere stopper til, mens andre ikke oplever dette. Derudover har forhold som modtryk, pris, kapacitet og spildevandets sammensætning indflydelse på valget. Du bør altid overveje hvilke totalomkostninger der er forbundet med sådanne udskiftninger. Ikke kun investering og energibesparelse men også evt. udgifter til ekstra udkald, service mv.

Det er på mange pumper muligt at udskifte selve løbehjulet uden at skifte pumpehuset. Hvis du har denne mulighed, kan du prøve at udskifte fristrøms-hjulet på den ene af pumpestationens pumper og så se, om der opstår hyppigere tilstopninger.



Fristrøms-hjul (vortex-hjul)



Kanalhjul

8.3.4 Coatning af løbehjul

En del af energitabet i en pumpe opstår på grund af vandets friktion imod pumpehus og -hjul. Det er nu muligt at "coate" pumpehus og -hjul, dvs. lægge en overflade af et glat plastmateriale på de overflader der har kontakt med vandet. Herved nedsættes friktionen og dermed energitabet. Metoden er først og fremmest velegnet til store pumper, hvor det er meget dyrt at udskifte pumpehjulet.



8.4 Driftsforhold

8.4.1 Hold dine trykledninger rene

Spildevand indeholder mange partikler (f.eks. sand og småsten), der kan aflejre sig på bunden af trykledningen. Det indeholder også masser af organisk stof, som forskellige mikroorganismer anvender som føde. Mikroorganismene flytter simpelthen ind i trykledningen, hvor de slår sig ned på rørvæggen. Det er det vi kender som kloakhud. Både de aflejlrede partikler i bunden af ledningen og kloakhuden er med til at øge "friktionen" i trykledningen. Det betyder igen, at det dynamiske modtryk, H_{dyn} og energiforbruget stiger.

Hvor meget "friktion" belægningerne bidrager med, kan ses i nedenstående skema.

Ruhed	0,1 mm (nye rør)	0,3 mm	1 mm	3 mm
Modstand	5,8 mvs	7 mvs	9,5 mvs	13,7 mvs

Aflejringer og belægninger gør også rørets tværsnitsareal mindre, så vandet presses igennem ledningen med højere hastighed. Ved en tilstrækkelig høj vandhastighed i ledningen, rykkes aflejringer og belægninger løse og føres med vandet videre frem i trykledningen.



Der opstår altså en ligevægt som betyder, at vandet bliver flyttet som det skal, selv om det bruger mere energi end nødvendigt. Dette er hverdagen i de fleste trykledninger landet over, men sådan behøver det ikke at være.

I mange pumpestationer er det muligt at afsende "rensegrise" igennem trykledningen. Enten fra afsendestationer eller ved at afmontere ventiler. Rensegrise sendes igennem trykledningen ved hjælp af pumpetrykket og samles op i oppumpningsbrønden. Det er vigtigt, at den ikke fortsætter i en eventuel gravitationsledning, som i så fald vil blive blokeret.

Rensegrise kan fås i mange størrelser, udformninger og hårdheder. Forhør dig hos leverandøren hvilken type, der er bedst at anvende til den aktuelle station.

Det sker meget sjældent, at en rensegris sætter sig fast i trykledningen. Pumpetrykket vil i løbet af kort tid trykke grisen videre i trykledningen. Det er dog muligt at indsætte en sender i grisen, så den kan spores oppe fra terrænet.

8.4.2 Undgå luftlommer i trykledningen

Det er dyrt at pumpe luft. Luftlommer i trykledningen skal derfor undgås. Luft i trykledningen kan fremkomme ved at:

- Pumperne suger luft med, hvis sumpniveauet pumpes for langt ned

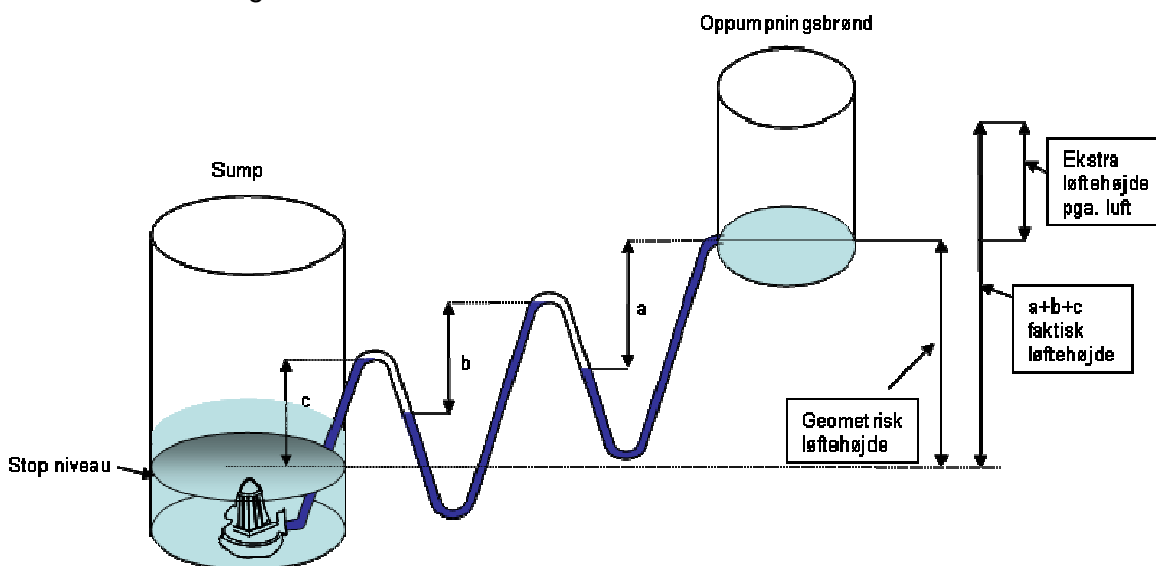


- Tilløbsforholdene i sumpen gør, at der "piskes" luft ind i vandet
- Luft suges ind igennem utætte samlinger i trykledningen ved pumpestop (vakuum ved trykstød)
- Spildevandet i trykledningen afgiver gasser

De mange små luftbobler samles i trykledningens højdepunkter og kan vanskeligt pumpes videre. Det er derfor væsentligt, at trykledningen er anlagt med så få toppunkter som muligt, og at der i de lokale toppunkter er mulighed for at udlufte trykledningen igennem ventiler (manuelle eller automatiske).

Automatiske udluftere har det med at "sætte sig fast". Hvis der er monteret automatiske udluftere i toppunkterne, skal disse kontrolleres med jævne mellemrum. Det er en god idé at indsætte denne tilbagevendende opgave i driftskalenderen.

Hvis det ikke er muligt at udlufte toppunkterne, kan en rensegris nogle gange løse problemet midlertidigt.



På ovenstående tegning er vist, hvorfor det koster ekstra energi at pumpe luftlommer. I stedet for kun at skulle pumpe vandet fra pumpesump til oppumpningsbrønd, skal pumpen løfte vandet "op over" hver enkelt luftlomme. Det betyder, at den løftehøjde, som pumpen skal overvinde, er meget større, end hvis der ikke var luftlommer i ledningen.

Luftlommerne - og dermed modtrykket - kan blive så store, at pumpen ikke har kapacitet til at få flyttet noget vand overhovedet.

8.4.3 Reducer antallet af starter

Det koster energi at:

- Starte pumpen
- Accelerere vandet
- Opbygge tryk

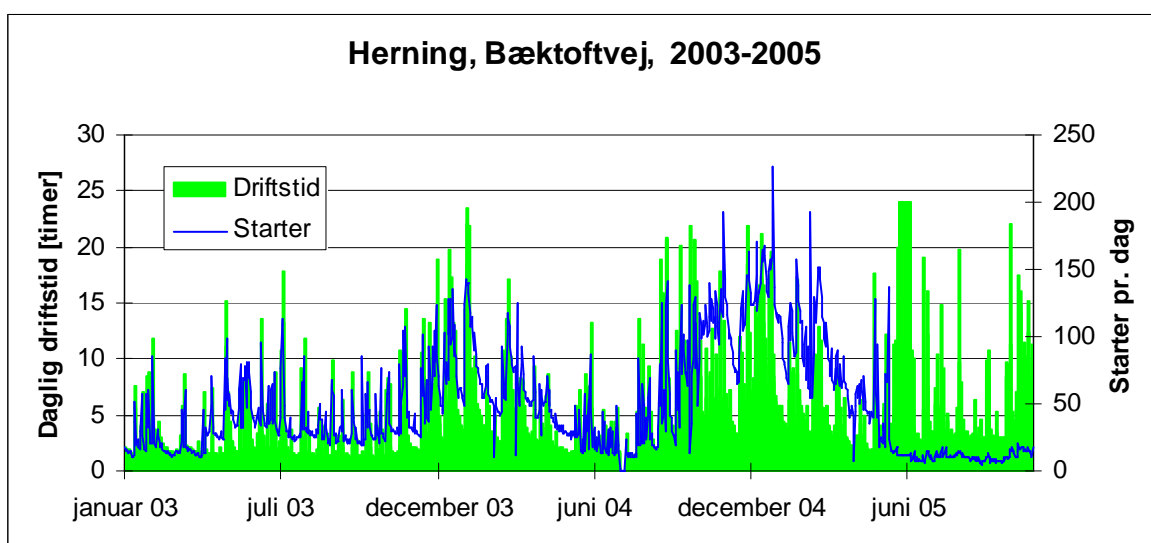
I en 1000 meter lang trykledning med en indvendig diameter på 200 mm befinder der sig mere end 30 tons vand, som skal accelereres op i fart. Det koster meget energi, og det er kun en lille del af det der vindes igen ved, at vandet forsætter sin "drift", når pumpen stoppes. Størstedelen går tabt som trykstød, når pumpen stoppes.



Sædvanligvis er energiforbruget til starter 5-10% af det samlede forbrug, men der er set eksempler på, at op til 40% af energien bruges til starter. Det er hovedsagelig pumpestationer med store pumper og en lille sump, der bruger meget energi til starter.

Dette energispild er det samme uanset, om pumpen kører i kortere eller længere tid. Ved at regulere pumpernes kapacitet så den passer bedre med tilløbet af vand, opnås længere driftstider, færre starter og mindre energiforbrug.

Figuren herunder viser antallet af driftstimer og starter pr. dag på en pumpestation. Denne pumpestation gik over til frekvensomformerdrift i juni 2005. Bemærk det konstant lave antal starter i 2. halvår 2005 sammenlignet med de 2 foregående år.



Ud over at det koster energi at starte en pumpe, så belaster starten også rørsystemet med trykstød og det elektriske system med store strømme. Så der er flere gode grunde til at holde antallet af starter nede.

9 Frekvensregulering

I afsnit 8, der omhandler "Pumper", blev det beskrevet, at der kan spares energi ved at regulere kapaciteten på pumperne, og hvordan dette kunne gøres med en frekvensomformer. I resten af håndbogen besvares mange af de spørgsmål der opstår, når det skal besluttes, om der skal investeres i frekvensomformere.

9.1 Hvilke pumpestationer kan det betale sig at regulere?

Det koster penge at installere en frekvensomformer, og selv om energiforbruget kan nedsættes meget, skal investeringen stå i rimeligt forhold til besparelsen. Pumpestationen skal derfor have et vist energiforbrug, før det kan betale sig at investere i en frekvensomformer. Hvis der kan spares 40% energi ved at frekvensregulere en pumpestation med et årligt energiforbrug på 3000 kWh (2000 kr.), svarer det til en årlig besparelse på 800 kr. Det står næppe mål med investeringen.

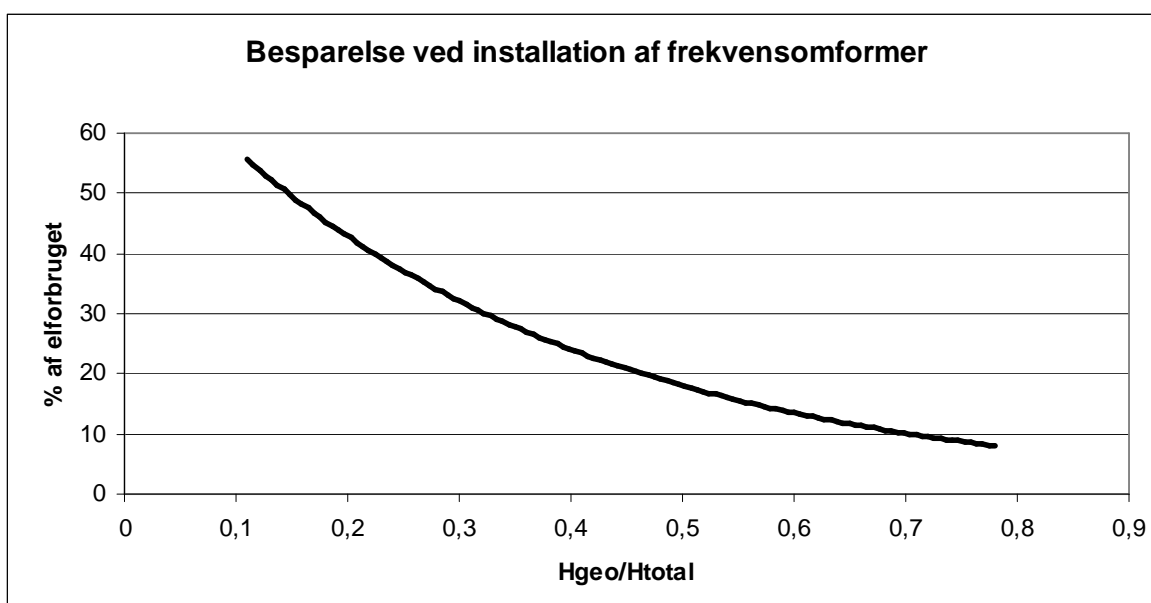
Start derfor med at udvælge alle de pumpestationer, der har et årligt elforbrug over 10.000 kWh, og gå så videre med dem. Du skal også sikre dig at pumpe-motorerne rent faktisk kan frekvensreguleres (nogle ældre motorer kan ikke). Det ved din pumpeleverandør.



Energibesparelsen ved at frekvensregulere pumperne opnås, fordi modtrykket sænkes, når hastigheden sættes ned. Det er imidlertid kun den del af modtrykket, der stammer fra vandets "friktion" (det dynamiske modtryk), der kan gøres mindre på denne måde. Selve det modtryk, der er fordi vandet skal løftes "op ad bakke" = (det geometriske modtryk), kan der aldrig ændres på.

Der kan altså spares mest energi på de pumpestationer, hvor det dynamiske modtryk udgør en stor del af det totale modtryk (H_{tot}). Dette er typisk lange trykledninger med lille H_{geo} .

På nedenstående figur kan man se, hvilken besparelse der er muligt at opnå ved frekvensregulering. Find hvor dine pumpestationers H_{geo}/H_{tot} ligger på kurven og aflæs den procentvise besparelse.



Hvad kan der spares

Find H_{geo} og H_{tot} (se boks: "Sådan måler du modtrykket").

Hvis f.eks. H_{geo} er 8 mvs (eller 0,8 bar) og H_{tot} er 24 mvs (eller 2,4 bar), så er:

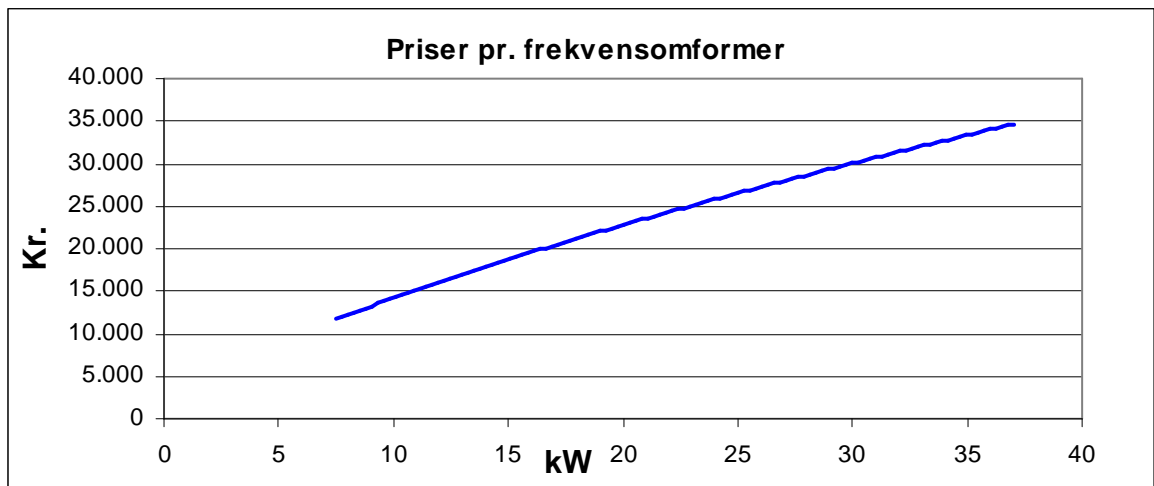
$$H_{geo}/H_{tot} = 8/24 = 0,33$$

Find 0,33 på den vandrette akse, gå lodret op til du møder kurven og aflæs så den mulige besparelse på den lodrette akse. Det er altså muligt at spare ca. 30% af pumpestationens nuværende elforbrug ved at frekvensregulere pumperne.

9.2 Priser på frekvensomformere

Prisen på de forskellige fabrikater af frekvensomformere svinger, ligesom på alle andre komponenter efter kvalitet og funktion, samt hvilke rabatter der kan forhandles hjem. Et realistisk bud på prisen for en gennemsnits-frekvensomformer er tegnet ind i figuren på næste side.

Find ud af hvor stor pumpemotoren er og sæt denne størrelse ind på kurven. Herefter kan man aflæse en overslagspris på den venstre akse.



9.3 Priser på installation

Ud over udgifterne til selve frekvensomformereren skal der også indregnes omkostninger til installation og programmering af frekvensomformer og pumpestyring. Disse udgifter kan svinge meget afhængig af, hvordan den nuværende installation ser ud, og hvilke faciliteter der ønskes indbygget i styringssystemet. Det kan også være, at der er andre ting i installationen, der skal ændres samtidig.

Under afsnit 13 "Installation af frekvensomformer" kan man læse om de forskellige ting, der er vigtige, når en frekvensomformer installeres, og hvilke forskellige muligheder der er for at styre frekvensomformereren. Sammen med el-installatøren kan man finde ud af, hvad der er nødvendigt at ændre i pumpestationens installationer for at få den ønskede drift. Sørg altid for at få et tilbud på arbejdet, inden det igangsættes.

På mange pumpestationer sidder der allerede frekvensomformere, der kun fungerer som softstartere. De sparer ikke energi. Ved at foretage få ændringer i frekvensomformerens opsætning og pumpestyring, kan disse frekvensomformere ofte formindske energiforbruget betragteligt, og ændringerne kan foretages for få penge, da de allerede er installeret.

Omkostningerne til installation og programmering af frekvensomformere har erfaringsmæssigt ligget imellem 20.000 kr. og 45.000 kr. på de pumpestationer, der har været med i projektet.

For de stationer der i forvejen havde frekvensomformere som softstartere og som skulle omprogrammeres, har omkostningerne ligget imellem 10.000 kr. og 20.000 kr.

9.4 Kan man altid spare energi ved at frekvensregulere?

Nej, der er pumpestationer, der vil bruge mere energi, hvis de reguleres. Når en motor frekvensreguleres, ændres dens omdrejningstal og dermed dens kapacitet proportionalt. Det vil sige, at hvis frekvensen halveres fra 50 til 25 Hz, halveres omdrejningerne og flowet også.

De installerede pumper er sædvanligvis valgt, så de kører bedst ved deres nominelle omdrejningstal. Hvis omdrejningerne på pumpen reguleres ned, bliver virkningsgraden på pumpen dårligere, og det specifikke energiforbrug stiger. Årsagen til at der kan spares energi ved at reducere omdrejningsantallet er, at vandets hastighed i trykledningen sænkes, hvorved "friktionstabet" reduceres, og der skal bruges mindre energi til at presse

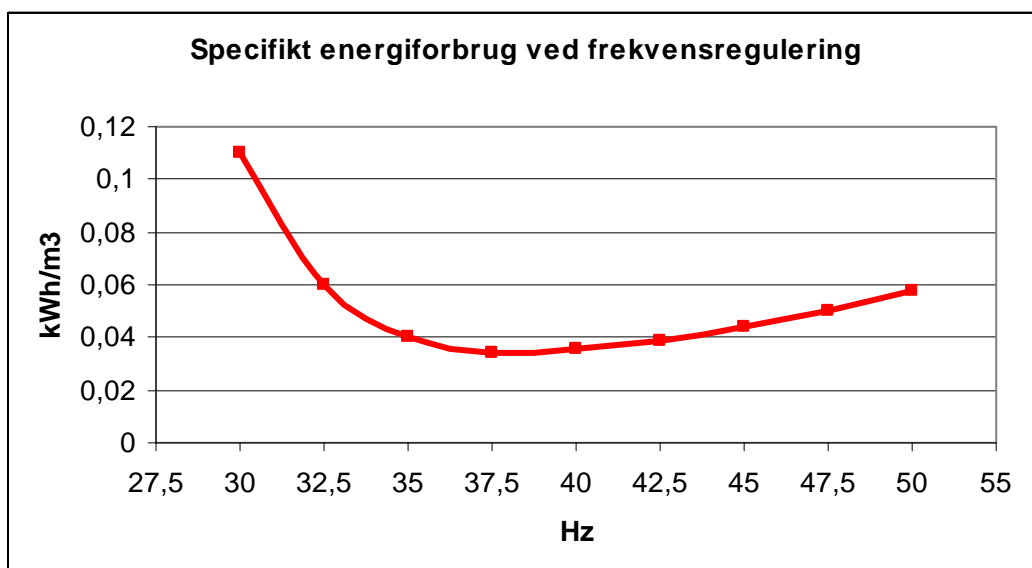


vandet igennem. Denne besparelse overstiger i de fleste tilfælde den dårligere virkningsgrad, og der opstår en nettobesparelse.

Hvis hovedparten af det totale modtryk [H_{tot}] stammer fra det geometriske modtryk [H_{geo}], er der ikke den store besparelse at hente ved at nedsætte hastigheden (og dermed det dynamiske modtryk [H_{dyn}]). Her vil pumpens dårligere virkningsgrad indvirke meget mere på det specifikke energiforbrug. I nogle tilfælde vil det specifikke energiforbrug stige med det samme, blot frekvensen blev sænket med 1 Hz.

På figuren herunder kan du se det ændringen i det specifikke energiforbrug på en pumpestation med en lang flad trykledning (meget dynamisk modtryk). Frekvensen reguleres ned fra 50 til 30 Hz. Ved ca. 38 Hz begynder forringelsen af pumpens virkningsgrad at overstige besparelsen ved at nedsætte hastigheden og det specifikke energiforbrug begynder at stige. Ved denne frekvens kører pumpen med lavest specifikt energiforbrug. Det er den energioptimale frekvens.

Pumpeleverandøren kan ofte lave denne figur for den enkelte pumpe ud fra teoretiske beregninger. Det er dog meget vigtigt at kurven også bliver lavet ud fra målinger foretaget på pumpestationen. Der kan være forhold i virkeligheden som pumpeleverandøren ikke har mulighed for at medtage i beregningerne (større modtryk, anden størrelse pumpehjul end den der er registreret osv.). Hvis styringen bliver indstillet efter de teoretiske beregninger, kan det f.eks. medføre at pumpen kører så langsomt, at den ikke flytter noget vand.



9.5 Andre gode grunde til at frekvensregulere pumpestationer

Det er ikke alle pumpestationer, der kan spare nok energi ved at nedsætte hastigheden til, at investeringen kan tjene sig hjem inden for rimelig tid. Alligevel kan der være andre gode grunde til at installere en frekvensomformer.

9.5.1 Længere levetid

Når omdrejningerne falder, skal pumpen køre længere tid for at fjerne de tilløbne mængder. Herved reduceres antallet af pumpestarter og -stop. Starter koster energi og slider på viklingerne i pumpe-motor samt på komponenterne i eltavlen.

Opbygning af tryk i trykledningen samt trykstød ved pumpestop udmatter materialet i ledningen. Med en frekvensomformer er det muligt at starte og stoppe pumperne over længere tid, f.eks. 30-120 sekunder. De "blide" op- og nedramninger af hastigheden kan



reducere, eller helt fjerne, skadelige trykstød og dermed forlænge trykledningens levetid. Dette betyder igen, at det er muligt at fjerne eventuelle hydroforer, der er koblet på pumpe-systemet for at optage trykstødene.

Det mekaniske slid på pumpe-hjul, lejer og akseltætninger aftager eksponentiel ved hastighedsreduktion. Derfor slides pumpen ikke mere af, at køre i længere tid ved lavere hastighed - tværtimod.

9.5.2 Kontinuerligt tilløb til renseanlæg

Hvis pumpe-stationen pumper direkte til renseanlægget eller til andre regulerede pumpe-stationer, vil tilløbet til disse blive fordelt mere jævnt i døgnet. Det kan gøre det lettere at styre processerne på renseanlægget.

9.5.3 Erstatte softstarter

Ved pumpe-start kan omdrejningstallet øges over en lang periode, hvorved el-nettet og hele installationen belastes mindre. Det har samme funktion som en softstarter - bare bedre. Ved montering eller udskiftning af softstarter bør det derfor altid overvejes, om installation af en frekvensomformer vil være en bedre løsning.

9.5.4 Større pumpekapacitet

Med frekvensomformerdrift er der mulighed for at køre oversynkron drift, det vil sige mere end 50 Hz, hvorved pumpe-hastigheden - og dermed kapaciteten - øges. Oversynkron drift medfører dog et meget større energiforbrug og slid end ved normaldrift. Derfor bør oversynkron drift ikke benyttes som en permanent løsning til underdimensionerede stationer.

9.5.5 Kavitation

Hvis pumperne i en station er udsat for kavitation, kan det medføre store skader på pumpe-hus og -hjul. En reduktion af hastigheden - og dermed sugetrykket - vil nedsætte eller fjerne risikoen for kavitation. Dette forlænger pumpernes levetid. Kavitation giver også et højere energiforbrug

9.5.6 Tilstopning af trykledning

På grund af den længere driftstid vil der være færre perioder, hvor vandet står stille i trykledningen. Lettere faste partikler vil derfor ikke sedimentere.

9.5.7 Støj

Ved kørsel med lavere omdrejningstal kan støj i rør og ventiler reduceres. Hvis det tryksatte system har egenfrekvenser, der medfører støj, er det muligt at programmere frekvensomformeren, så den ikke kører ved disse frekvenser.

9.6 Hvilke ulemper kan der være ved frekvensomformerdrift?

9.6.1 Anskaffelses- og installationsomkostninger

Som tommelfingerregel koster frekvensomformere 1.500 kr./kW for 5-10 kW og 1.000 kr./kW for omformere > 30 kW. Installationsomkostninger er vanskeligere at opgøre, da



det kommer an på, hvilken styring der i øjeblikket er på pumpestationen, og hvilke faciliteter der ønskes for frekvensomformerdriften.

9.6.2 Levetid

En frekvensomformer har som alle andre elektriske komponenter en levetid, hvorefter den skal udskiftes. Leverandøren kan oplyse om levetiden på det enkelte fabrikat, men den vil typisk ligge imellem 10 og 20 år.

9.6.3 Tilstopning af trykledning

Der er risiko for, at den langsommere strømning i trykledningen - som følge af hastighedsnedsættelsen - vil betyde, at flere faste partikler bundfælder sig i trykledningen, samt at kloakhud/biofilm på trykrøret ikke rykkes af. Det kan derfor være nødvendigt jævnligt at rense trykledningen med en rensegris.

Ved regulering af spildevandspumper bør der altid i styringsproceduren indsættes perioder, hvor pumpen kører med fuld kapacitet, f.eks. ved pumpestart, således at bundfældet materiale transporteres videre i trykledningen.

9.6.4 Akustisk støj

Når frekvensomformere installeres på ældre pumpemotorer, kan disse udsende en del akustisk støj. Specielt når de kører med lave frekvenser, kan der forekomme en hylen.

9.6.5 Elektrisk støj

Hvis der ikke tages de nødvendige forholdsregler, kan der udsendes elektromagnetisk støj fra frekvensomformerne og motorkabler, som kan genere andre elektroniske komponenter i nærheden.

9.6.6 Lejestrømme

Ved motorer større end 55-75 kW kan der være risiko for, at frekvensomformereren forårsager krybestrøm, der pga. gnistdannelse kan ødelægge motorens lejer. Nogle motorfabrikanter anbefaler at bruge isolerede lejere i deres motorer, hvis de skal styres af en frekvensomformer for at undgå disse lejestrømme.

9.6.7 Valg af forkert frekvensomformer

Det er væsentligt, at de valgte frekvensomformere kan levere et tilstrækkeligt start/løsrivelsesmoment til at skubbe pumpen i gang. Hvis der vælges frekvensomformere med for lavt startmoment, kan pumpen ikke starte.

9.6.8 Vejledning af driftspersonale

Ved installation af frekvensomformer vil det være nødvendigt at ændre styringsproceduren for pumpedriften. Det betyder, at der vil være en indkøringsperiode, før den optimale drift er nået. Endvidere bør driftspersonalet vejledes til at anvende de muligheder, der ligger i reguleret drift, samt hvilke faldgrupper der er. Hvis et transportsystem med frekvensomformer ikke reguleres korrekt, kan det betyde et større energiforbrug end ved ureguleret drift. Det kræver derfor en skærpet opmærksomhed i den første tid, hvor driftspersonalet skal forholde sig til de driftsdata, der kommer ind i det centrale overvågningsanlæg.



10 Valg af frekvensomformer

Det er ikke kun prisen, der er afgørende for, hvilken frekvensomformer der skal vælges. Det er også:

Størrelsen (elektrisk og fysisk), løsrivelsesmoment og momenttype (variabelt eller konstant).

Man skal derfor opgive til leverandøren, hvilken pumpestørrelse der skal reguleres. Mærkeeffekten (kW) og mærkestrømmen (A) står på pumpens mærkeplade eller kan oplyses af pumpeleverandøren. Frekvensomformerens fysiske størrelse og kapslingsklasse har indflydelse på, hvorvidt den kan installeres i den eksisterende tavle eller skal flyttes udenfor.

Leverandøren skal garantere, at det tilgængelige startmoment i frekvensomformereren er større end pumpemotorens startmoment i alle forekommende situationer, altså at frekvensomformereren kan levere tilstrækkeligt moment til at trække pumpen i gang, også hvis der sidder en klud i løbehjulet. Motorens startmoment er afhængigt af spildevandets sammensætning og pumpens dimension.

11 Antal frekvensomformere

Det anbefales, at der installeres en frekvensomformer til hver pumpe. Dels giver det større driftssikkerhed, at alle pumper ikke drives af den samme reguleringsenhed, dels giver det en mere enkel (og dermed billigere) installation. Selv om det selvfølgelig koster en frekvensomformer mere, kan de mindre installationsomkostninger ofte betyde, at det i den sidste ende også er den økonomisk bedste løsning.

I pumpestationer med mere end 2 pumper er der dog sjældent grund til at opsætte mere end 2 frekvensomformere. De situationer, hvor der kører 2 eller flere pumper, er som regel regnvejr-betingede, og så kører pumperne alligevel (ureguleret) for fuld kraft.

I pumpestationer, hvor der ikke kan/skal køre mere end én pumpe ad gangen (ingen samdrift), vil én omformer i nogle tilfælde være tilstrækkelig. Da frekvensomformereren kun har én udgang til forsyning af pumperne, skal forsyningskablet mellem frekvensomformer og motor opsplittes i et sæt kontakter, der styres fra pumpestyringsenheden. Det vil sige, at pumpestyringsenheden giver signal til kontakterne om, hvilken af pumperne der skal forsynes med strøm (visse frekvensomformere har også denne facilitet til at styre signalet til kontakterne). Sørg for at kontakterne, som jo fører frekvensomformet strøm, er skærmet af hensyn til elektromagnetisk støj. Løsningen med 2 frekvensomformere vil give en forbedret driftssikkerhed.

12 Placering af frekvensomformer

Af hensyn til kabelføring og varmeudvikling er det hensigtsmæssigt at placere frekvensomformereren uden for tavlen, hvis det er muligt. Den skal i så fald være IP54/IP55 kapslet. Hvis den placeres i et skab, er det ikke nødvendigt med denne høje kapslingsklasse. Ved pumpestationer, hvor tavlen er placeret i et fritstående skab over terræn, skal frekvensomformereren selvsagt placeres i tavlen eller, hvis der ikke er plads, i eget skab.

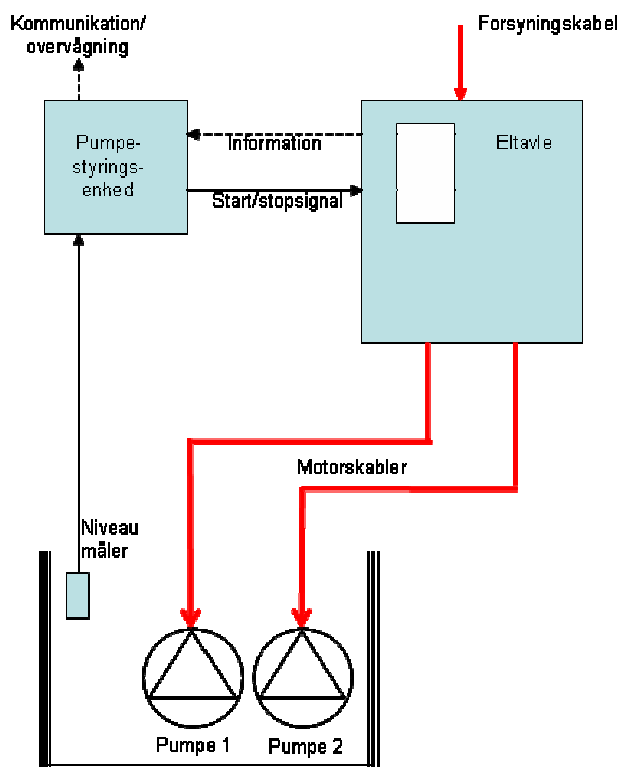


13 Installation af frekvensomformere

13.1 Regulering af frekvensomformere

13.1.1 Pumpestyring uden frekvensomformer

En sædvanlig pumpeinstallation med tilhørende styring ser skematisk således ud:



Beskrivelse:

Niveaumåler (ultralydsmåler, tryktransducer, niveaudevpe eller stavelektroder) i pumpeump giver start/stop-signal til pumpestyringsenheden.

Pumpestyringsenheden sender start/stop-signal til kontakter i el-tavle, som starter/stopper pumperne skiftevis.

Fra el-tavlen kan der sendes informationer til pumpestyringsenheden om evt. fejlmeddelelser (termofejl i motor m.v.)

Pumpestyringen kan sende driftsinformationer til en central overvågningsenhed.

Når der installeres en frekvensomformer for at opnå variabel drift, skal der laves om på flere ting.

Frekvensomformerer skal ikke blot have besked på, om den skal køre eller ej. Den skal også have signal om, ved hvilken frekvens den skal køre, afhængig af niveauet i pumpeumpen. Denne besked fås igennem et analogt signal fra en tryktransmitter eller anden analog niveaumåling. Hvis pumpestationen ikke i forvejen er styret ud fra dynamisk måling af niveauet i pumpeump (analogt signal fra transducer i sump), men kun er styret af on/off signaler (niveaudevpe, stavelektroder), skal der etableres analog 4-20 mA niveaumåler.

Frekvensomformerer kan få det analoge signal fra

- samme transducer som giver signal til SRO-anlægget (signalet "splittes" i to i en isolationsforstærker)
- SRO-anlægget (kræver at der er ekstra analog-udgang i SRO-anlæg)
- egen transducer i pumpeump

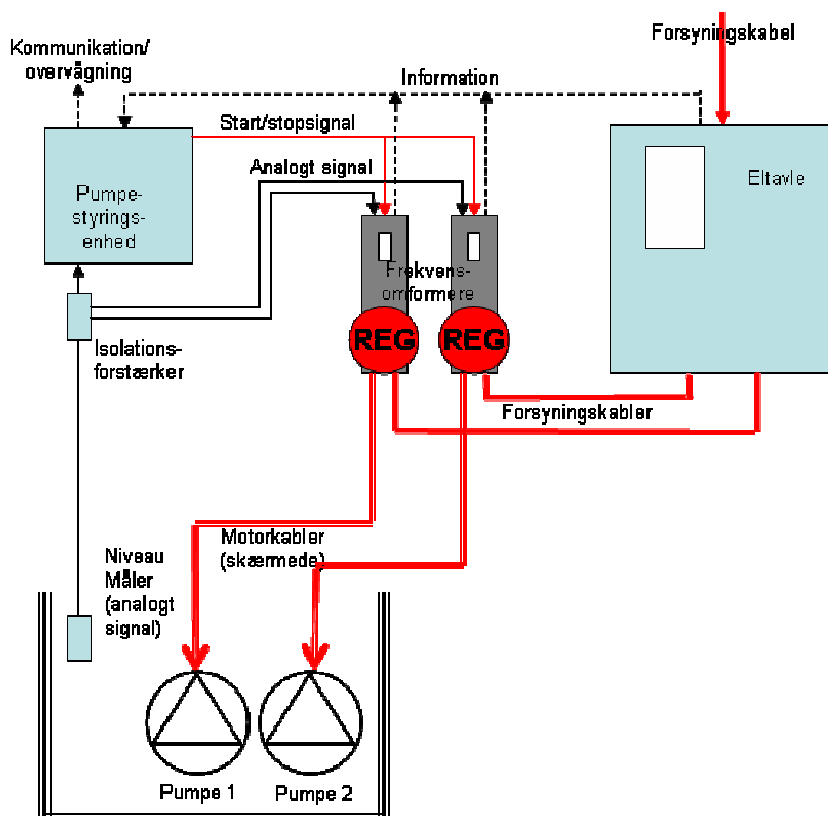
Hvis niveauet i pumpeumpen ikke registreres ved hjælp af analogt signal (hvis der kun kommer on/off-signal fra niveaudevpe eller fra stavelektroder), så skal dette installeres. En forholdsvis driftssikker løsning er, at installere en tryktransmitter eller ultralydsmåler til at måle vandstanden. Pumpestyringsenheden har ikke hidtil fået nogle analoge signaler ind -



og det behøver den fortsat ikke at få. Det er nok, at det analoge signal føres direkte i frekvensomformerne, som så står for reguleringsdelen af driften som beskrevet ovenfor.

13.1.2 Frekvensomformerne regulerer

Hvis der allerede er en analog niveaumåling i pumpeumpen, som bruges af pumpestyringsenheden, kan dette signal "splittes op", så det også kan anvendes i frekvensomformerne. Dette kræver dog, at der opsættes en isolationsforstærker. Frekvensomformerne omsætter så signalet med information om vandstanden i pumpeumpen til en forudprogrammeret frekvens. Pumpestyringsenheden modtager, som hidtil, signal fra pumpeumpen om, hvornår der skal startes en pumpe og med hvilken (alternering). I stedet for at disse signaler trækker kontakter i tavlen som starter pumperne, gives signal til frekvensomformerne, som forestår skiftevis indkobling af pumperne. Det vil sige, at hele reguleringsdelen er overladt til frekvensomformerne, mens pumpestyringsenheden kun bruges til det den plejer, nemlig at starte, stoppe og alternere imellem pumperne. Skematisk ser det således ud:



Beskrivelse:

Niveaumåler (tryktransducer) i pumpeump giver analogt signal (4-20 mA) til isolationsforstærker med oplysninger om niveau i sump. Isolationsforstærkeren sender signalet videre til pumpestyringsenheden og frekvensomformerne.

Frekvensomformerne beregner ved hvilken frekvens pumperne skal køre, ud fra niveauet i sump

Pumpestyringsenheden sender start/stop-signal til frekvensomformer (alternierende), som starter pumperne.

Fra el-tavle og frekvensomformere kan der sendes informationer til pumpestyringsenheden om evt. fejlmeddelelser (termofejl i motor m.v.)

Pumpestyringen kan sende driftsinformationer til en central overvågningsenhed

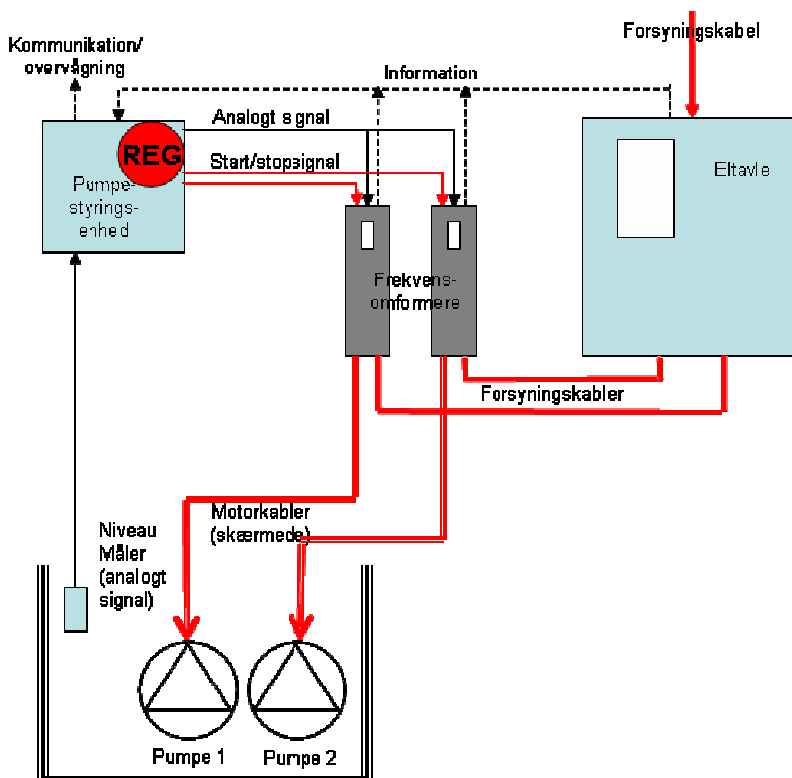
Hvis pumpestyringsenheden har været sat op til at kommunikere med et centralt SRO-anlæg, vil dette fortsætte uændret, men der vil ikke kunne kommunikeres med frekvensomformerne. Det vil sige, at der ikke ved fjernstyring kan ændres ved frekvensomformernes driftsparametre. Ønskes disse ændret, skal der en mand ud på stationen.

13.1.3 Pumpestyringsenheden regulerer

Hvis man ønsker at have mulighed for at omprogrammere frekvensomformerne "hjemmefra", skal installationen foretages, så det er pumpestyringsenheden, der har reguleringsdelen. Det vil sige, at kun pumpestyringsenheden modtager oplysninger om niveauet i pumpeumpen. Denne beregner så, ved hvilken frekvens pumperne skal køre



og sender besked (analogt signal) til frekvensomformerne. Pumpestyringsenheden giver også besked til frekvensomformerne om start og stop. Skematisk ser løsningen således ud:



Beskrivelse:

Niveaumåler (tryktransducer) i pumpeump giver analogt signal (4-20 mA) til pumpestyringsenheden, med oplysninger om niveau i sump.

Pumpestyringsenheden beregner ved hvilken frekvens pumperne skal køre, ud fra niveauet i sump

Pumpestyringsenheden sender analogt signal til frekvensomformere med besked om, ved hvilken frekvens de skal køre.

Pumpestyringsenheden sender start/stop-signal til frekvensomformer (alternerende), som starter pumperne.

Fra el-tavle, og frekvensomformere kan der sendes informationer til pumpestyringsenheden om evt. fejlmeddelelser (termofejl i motor m.v.)

Pumpestyringen kan sende driftsinformationer til en central overvågningsenhed og modtage ny programmering om driftsparametre.

For at kunne anvende denne regulering kræves, at der er en analog udgang i pumpestyringsenheden, der kan afsende signalet til frekvensomformerne. Det er sjældent at det er indbygget i standardudgaven af de forskellige typer pumpestyringer og skal derfor købes som udvidelsesmodul.

13.2 Elektrisk støj (EMC)

Frekvensomformere frembringer elektromagnetisk støj (EMC) i større eller mindre grad, som kan være til gene for forskellige elektroniske apparater (radio, TV, mobiltelefoner, måleudstyr m.v.). Det vil sige, at den kan genere både selve pumpestyringen såvel som eventuelle naboers fjernsynssignal, hvis der ikke tages forholdsregler imod den.

Det er først og fremmest motorkablet med den frekvensregulerede strøm imellem frekvensomformer og pumpemotor, der virker som antenne for denne støj. Ifølge EMC-direktivet (som pumpestationer er underlagt) må maksimumsniveauet for elektromagnetiske forstyrrelser, der frembringes af apparater, ikke være højere, end at det ikke generer anvendelsen af andet elektronisk udstyr. Til direktivet er der knyttet nogle standarder, der sætter mere eksakte værdier for støjudsendelsen.

For at undgå udsendelse af elektromagnetisk støj til omgivelserne skal frekvensomformerfabrikantens anbefalinger altid overholdes. Sædvanligvis skal der være et (ubrudt) skærmet kabel imellem frekvensomformer og pumpemotor. Hvis der ønskes afbryder eller



adskillelsesmulighed (CEE-stik) på kablet, skal der drages omsorg for støj. (Dette kan være relevant, hvis der er krav om at kunne sikkerhedsafbryde i umiddelbar nærhed af pumpen). Endvidere bør alle analoge signalkabler skærmes.

13.3 Andre ændringer

I alle elinstallationer er der monteret et fejlstrømsrelæ, der sikrer imod fejlstrømme. Ved opsætning af frekvensomformerer er der krav om, at installationen ekstrabeskyttes, enten med nulling, jording eller beskyttelsesrelæer (f.eks. et AC/DC relæ) afhængig af de lokale forhold. Man skal altså have installatøren til at undersøge, hvilke krav der gælder i pumpestationens forsyningsområde.

Hvis der vælges en beskyttelse med AC/DC relæ, skal der anvendes et relæ pr. frekvensomformerer.

Ud over udgiften til selve AC/DC-fejlstrømsafbryderen, fylder dette rent fysisk mere, og det kræver muligvis en udvidelse af tavlen.

På nogle typer frekvensomformere skal der anvendes et ekstra filter for at undgå beskadigelser af motoren pga. spændingsspidser.

14 Styring af frekvensomformere

Det er vigtigt, at styringen af frekvensomformerer sættes rigtigt op, både af hensyn til energiforbruget og af hensyn til driftssikkerheden.

14.1 Pumpestart

Ved pumpestart udnyttes frekvensomformerer som softstarter, hvor frekvensen og dermed omdrejningerne skrues op til fuld kapacitet (50 Hz) i løbet af 10-30 sekunder. Herved undgås de voldsomme stød i ventiler, manifold og trykledning, som der forekommer ved on/off-start. De elektriske komponenter i eltavlen belastes også mindre ved at starte blødt. Hvor lang tid den "oprampning" fra 0 til 50 Hz præcis skal foregå over afhænger af ledningssystemet, bl.a. af trykledningens længde og den geometriske løftehøjde, H_{geo} . Jo længere og højere, des længere tid skal oprampningen foregå over.

14.2 Holdetid

Når pumpen er oppe i fulde omdrejninger (50 Hz), holdes denne frekvens, indtil der er fuldt flow i systemet. Det vil sige, at "vandstrengen" i hele trykledningens længde flytter sig med maksimal hastighed, som jo er den hastighed systemet oprindeligt er udlagt til. Typisk 0,8-1,2 m/s.

Herved sikres trykledningens selvrensningsevne, altså at sand, sten og andet partikulært stof, der har lagt sig i trykledningen fra sidste pumpestop, bliver hvirvlet op og flyttet videre, så det ikke stopper ledningen til. I hvor lang tid denne "gennemskylning" skal foregå er igen afhængig af ledningssystemet og bestemmes bedst ved at anvende en flowmåler, som kan måle, hvornår flowet i trykledningen er konstant. Alternativt kan et manometer på trykledningen vise, hvornår trykket har stabiliseret sig efter pumpestart. Typisk vil holdetiden være 30-60 sekunder.

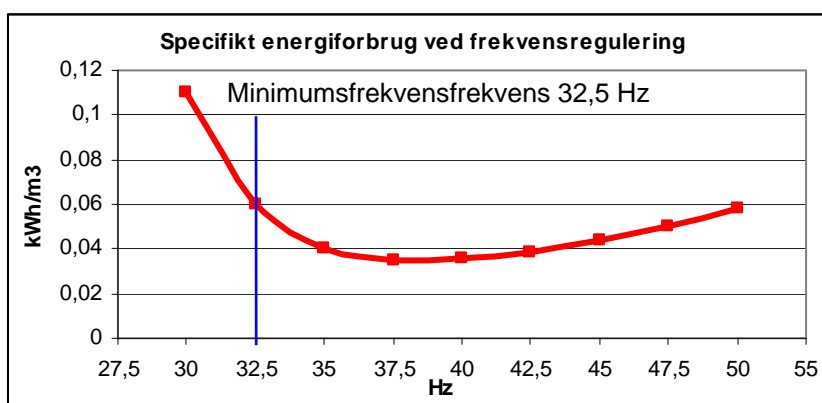
Efter pumpestart og holdetid skal frekvensen reguleres så pumpernes kapacitet svarer så godt som muligt til tilløbet i sumpen. Det kan gøres på flere måder.



Som tidligere nævnt under afsnittet "Kan der altid spares energi ved at frekvensregulere?" opnås energibesparelsen ved, at pumpen kører med den hastighed, hvor det specifikke energiforbrug er mindst samt ved at undgå pumpestarter. Pumpestarter undgås ved at holde pumpen kørende så lang tid som muligt. Ideelt set skal pumpen flytte præcis den vandmængde, som løber til pumpesumpen. Så ville den køre hele tiden. Dette kan i praksis ikke lade sig gøre. Tilløbsmængderne er i perioder så små, at pumpen skal køre med omdrejninger, der ligger under den bestemte minimumsfrekvens. I disse perioder skal pumpen stå stille og vente til sumpniveauet er så højt, at der kan startes på ny.

14.3 Referenceniveau

Reguleringsenheden (i frekvensomformer eller pumpestyringen) styrer efter at holde et forudbestemt niveau i pumpeumpen. Hvis vandet stiger reguleres frekvens og pumpekapacitet op. Falder niveauet, reguleres ned. Der indsættes en minimumsfrekvens så det sikres, at pumpen ikke kører med hastigheder hvor det specifikke energiforbrug overstiger forbruget ved 50 Hz. Frekvensen bliver således reguleret op og ned, så pumpekapaciteten præcis svarer til tilløbet. Aftager tilløbet så det er mindre end pumpekapaciteten ved minimumsfrekvensen, så falder sumpniveauet til stopkoten og pumpen standser. I figuren herunder kan minimumsfrekvensen aflæses til 32,5 Hz.



Sumpniveauet kan også forsøges fasthold ved at indlægge en "tabel" i reguleringsenheden. Dvs. at der til ethvert niveau i pumpeumpen svarer en præcis frekvens. Hvis pumpen sædvanligvis kører imellem et sumpniveau fra 1,20 m til 0,5 m, og minimumsfrekvensen er 40 Hz, kan "tabellen" se således ud:

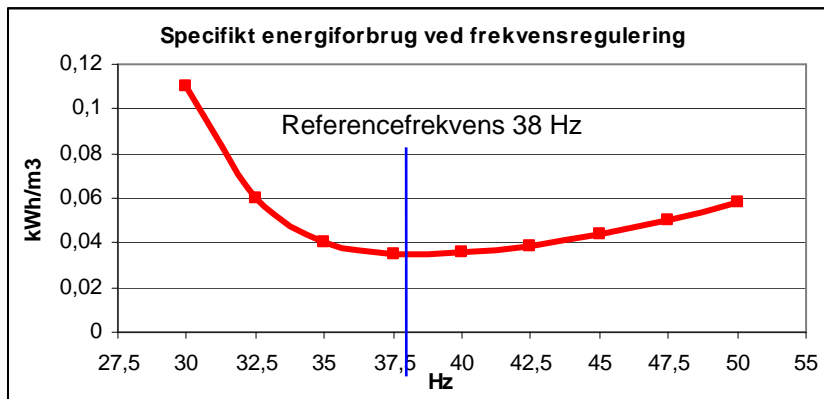
Sumpniveau [m]	Frekvens [Hz]
1,20	50
1,10	48
1,00	46
0,90	44
0,80	42
0,70	40
0,60	40
0,50	40

15 Referencefrekvens

En anden styringsform efter "holdetiden" er at regulere frekvensen ned til en referencefrekvens. Referencefrekvensen er den frekvens hvorved pumperne har det mindste specifikke energiforbrug, og så holde det, uanset om sumpniveauet stiger eller falder. Hvis der løber mindre vand til sumpen end pumpen fjerner ved



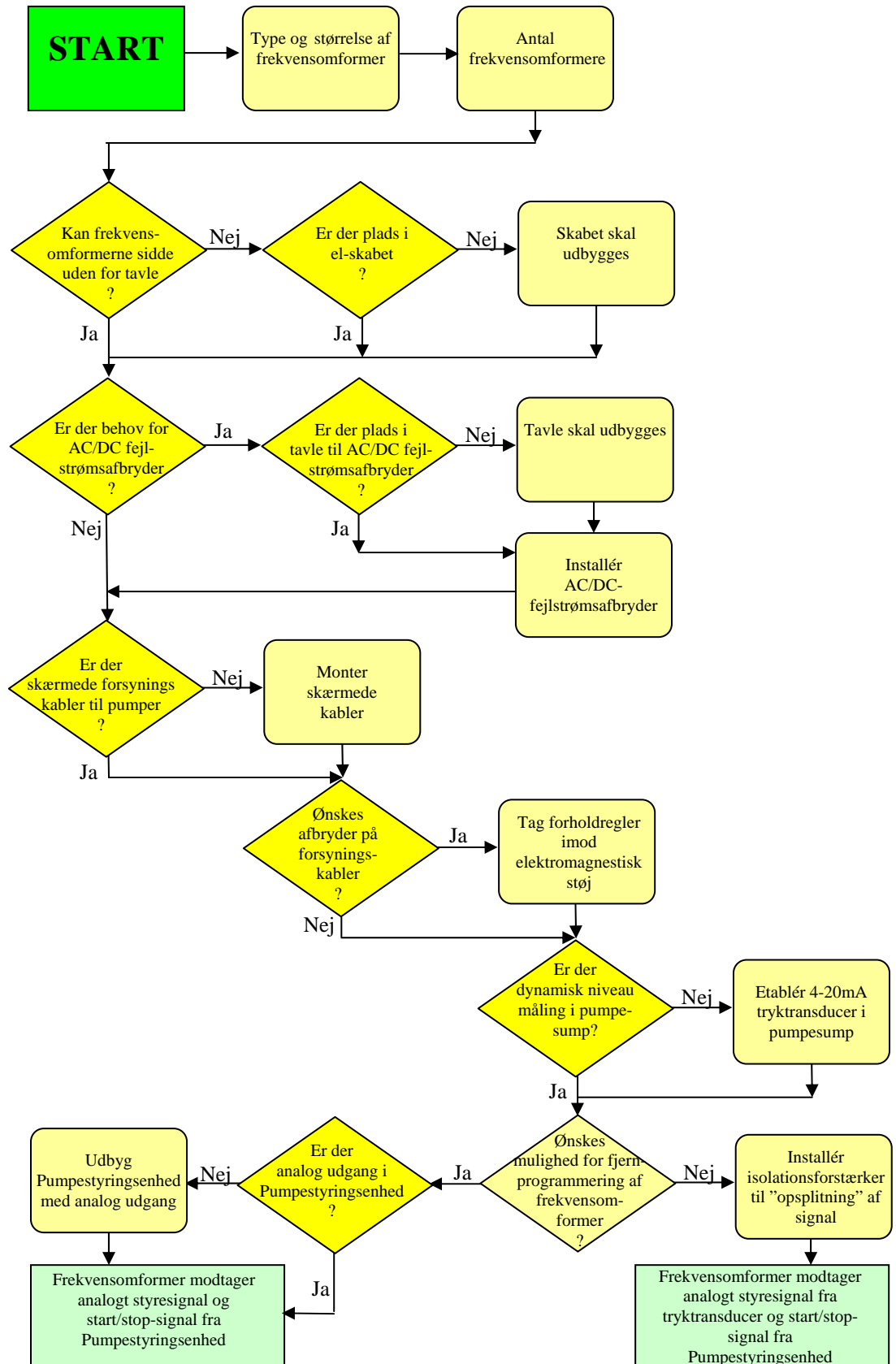
referencefrekvensen falder sumpniveauet og pumpen stopper når stopkoten nås. I figuren på næste side kan referencefrekvensen aflæses til 38 Hz.



Kommer der mere vand til sumpen end pumpen fjerner, stiger sumpniveauet. Når niveauet nået en bestemt kote, øges frekvensen til 50 Hz og fuld pumpekapacitet til stopniveauet nås.



16 Beslutningsdiagram, installation af frekvensomformere





17 Checkliste til frekvensomformer-installation

1. Udvælg pumpestationer der allerede har frekvensomformere opsat til softstart og – stop
2. Udvælg andre pumpestationer med et årligt elforbrug større end 10.000 kWh
3. Anvend "besparelser-kurve" til at finde den mulige besparelse
4. Check hos pumpe/motorleverandøren om motoren kan køre frekvensreguleret
5. Find oplysninger frem om pumperne og trykledningen
6. Få pumpeleverandøren til at fremstille kurve over pumpens specifikke energiforbrug ved frekvensreguleret drift samt minimumsfrekvens.
7. Overvej hvilken reguleringsmetode du vil anvende, samt hvilke andre faciliteter du vil have indbygget når pumpestationen skal køre frekvensreguleret.
8. Få tilbud på installationen hos dine installatører. Brug plancher og beskrivelser fra håndbogen. Vær opmærksom på forholdene omkring EMC.
9. Bestil frekvensomformer der er beregnet til spildevandspumpning, dvs. at den har tilstrækkeligt startmoment til at den altid kan trække pumpen i gang.
10. Installér frekvensomformer og opsæt styring. Sørg for at installatøren forstår styringsbeskrivelsen. Kontakt evt. leverandøren af pumpestyringen
11. Sørg for at du og dine kollegaer får ordentlig instruktion i driften samt at dokumentationen er i orden og skrevet på dansk.
12. Efterprøv det specifikke energiforbrug. Find korrekt minimumsfrekvens.
13. Hold godt øje med driftstimer, starter og energiforbrug i de første par måneder.



18 Checkliste over mulige energibesparelser

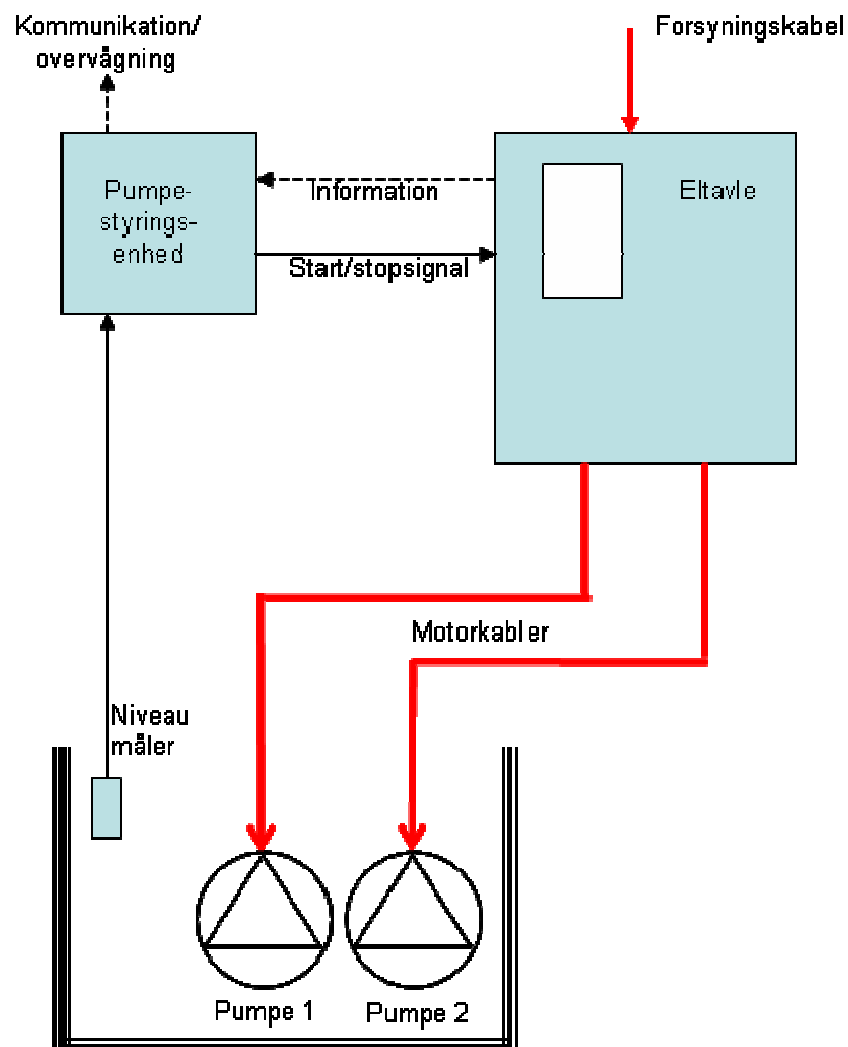
Afsnit i håndbog	Område	Spørgsmål	Løsning
5.1	Kontraventiler	Er de tætte ?	Kontroller pakning og evt. lukkemekanisme
		Kan de åbne helt ?	Ligger der materiale oven på klap
			Monter klapventiler vandret
5.2	Koblingsfod	Er flangeoverfladerne intakte ?	Skift flanger
		Passer flangernes størrelse sammen ?	
5.3	Pumpehjul		Vælg et hjul med høj virkningsgrad
		Er hjulet slidt ?	Skift pumpehjul
			Coatning af hjul
5.3	Kanalhjul	Er spaltetabet for stort ?	Justér spalten. Skift slidring
5.4	Ventiler	Er de helt åbne ?	Fasthold ventilhåndtag
5.5	Utætheder	Siver der vand ud ? Siver der luft ind ?	Kontrollér at samlingerne er tætte.
5.6	Uvedkommende vand	Er der store sæsonudsving i daglig pumpetid ?	Sanér kloakken opstrøms
6.1	Varme	Hvor meget el bruger du til opvarmning ?	Kend stationens elforbrug. Installér bi-måler
6.1.1	Frostsikring	Hvilken temperatur er der i pumpestationerne ?	Indstil termostaten til 4-5 grader
6.1.2	Kondens	Er det et problem ?	Opsæt affugter
6.1.3	Vandvarmere		Opsæt gennemstrømsvandvarmer
6.2	Ventilation	Er det nødvendigt at ventilere ?	Opsæt fugt/temperatur-styring på ventilator
6.3	Lys	Bliver lyset slukket i station og sump ?	Opsæt bevægelses-føler eller timer



Afsnit i håndbog	Område	Spørgsmål	Løsning
6.4	Kompressor	Kan tryklufften erstattes af andre former for kraftoverførsel ?	Opsæt motordrev på ventiler
		Er systemet tæt ?	Find og stop lækager
6.5	Vakuumpumper	Er systemet tæt ?	Find og stop lækager
6.6	Hydraulikstation	Kan hydraulikken erstattes af andre former for kraftoverførsel ?	Opsæt motordrev på spjæld mv.
7	Brug dine driftsdata	Kører pumperne i lige lang tid. Har de lige mange starter ?	Check pumper med længere driftstid. Check kontraventiler på pumpe med færrest driftstimer
			Lav nøgletal for normaldrift
		Begynder pumperne at køre i længere tid ?	Rens trykledning.
8.3	Pumper	Passer pumpe størrelsen ?	Skift løbehjul Skift pumper Opstil tørvejrspumpe Installér frekvensomformer
8.3.2		Er tabene for store ?	Vælg Pumper og komponenter med høj virkningsgrad
			Skift til kanalhjul
8.4.1	Hold trykledningen ren	Stiger modtrykket ?	Afsend rensegris
			Udluft trykledningen Check automat-udluftere
8.4.3	Reducér startantal	Har pumperne mange starter ?	Gør sumpen større. Hæv startkote, sænk stopkote Installér frekvensomformer



Grundmodel



Beskrivelse:

Niveaumåler (tryktransducer, niveauvippe eller stavelektroder) i pumpebassinet giver start/stop-signal til Pumpestyringsenheden.

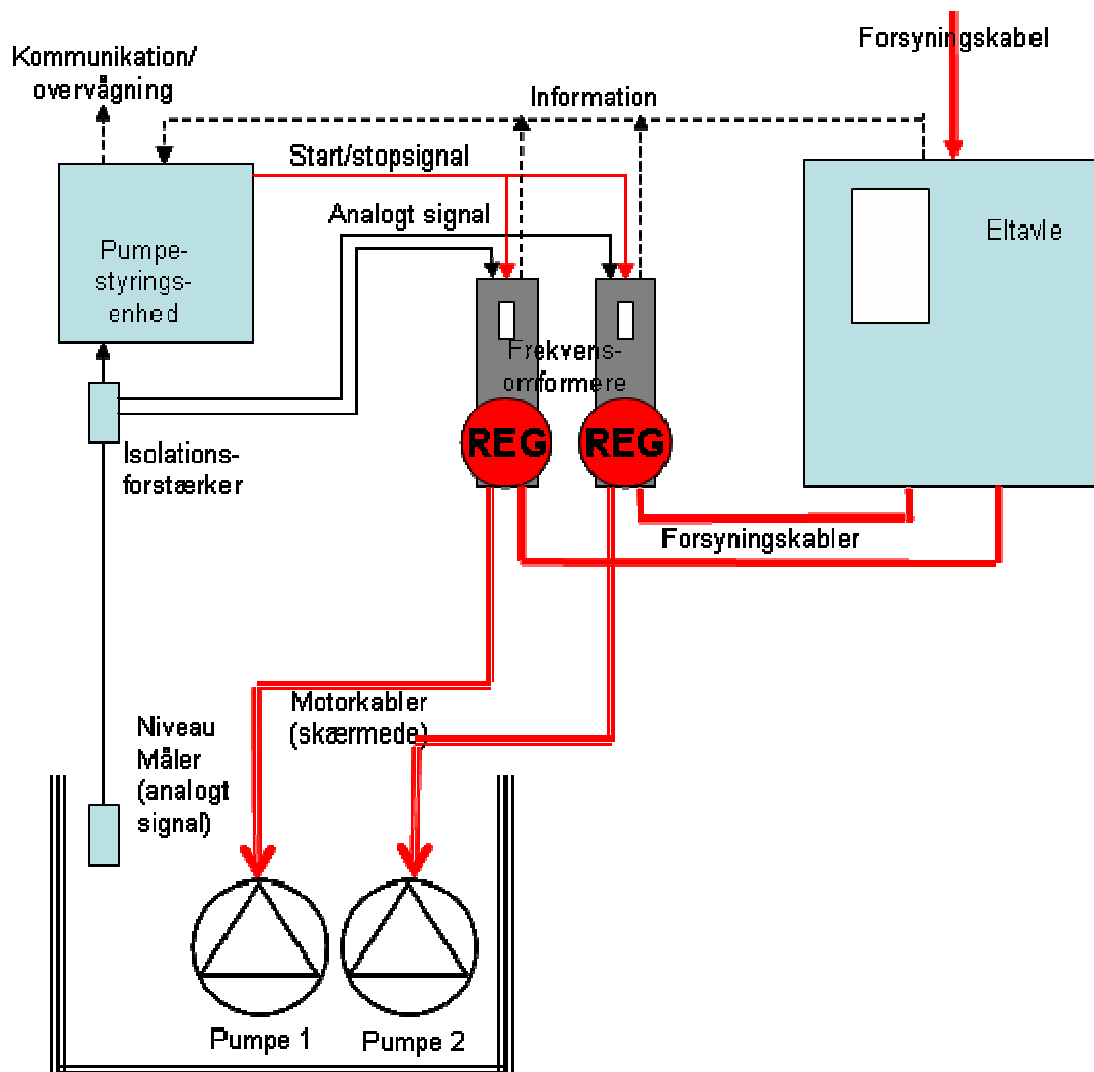
Pumpestyringsenheden sender start/stop-signal til kontakter i el-tavle som starter/stopper pumperne skiftevis.

Fra el-tavlen kan der sendes informationer til Pumpestyringsenheden om evt. fejlmeddelelser (termofejl i motor m.v.)

Pumpestyringen kan sende driftsinformationer til en central overvågningsenhed.



Frekvensomformerne regulerer



Beskrivelse:

Niveaumåler (tryktransducer) i pumpe-
sump giver analogtsignal (4-20 mA) til
isolationsforstærker med oplysninger om
niveau i sump. Isolationsforstærkeren sender
signalet videre til Pumpestyringsenheden og
frekvensomformerne.

Frekvensomformerer beregner ved hvilken
frekvens pumperne skal køre, ud fra niveauet
i sump

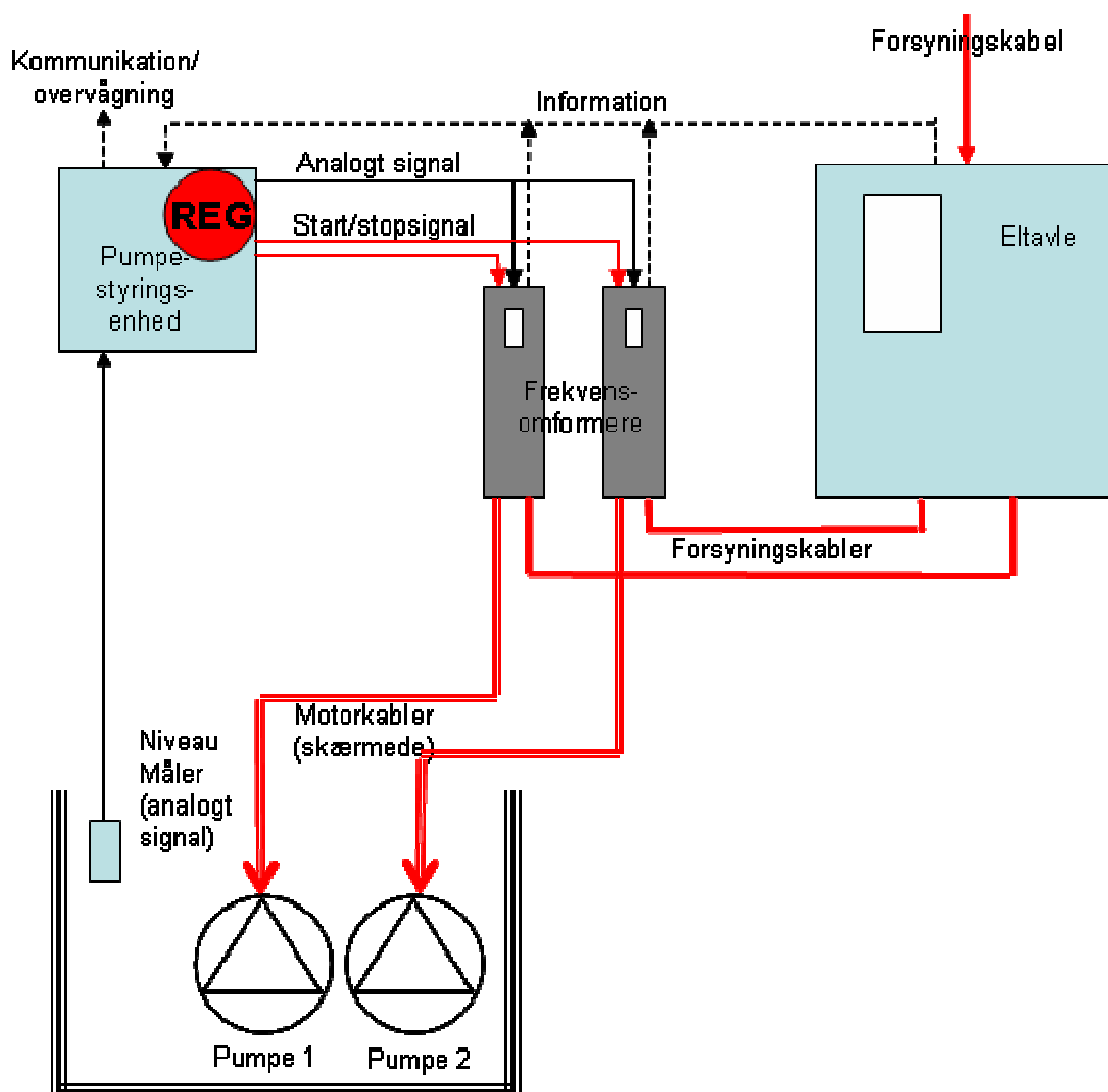
Pumpestyringsenheden sender start/stop-
signal til frekvensomformer (alternerende)
som starter pumperne.

Fra el-tavle, og frekvensomformerer kan der
sendes informationer til
Pumpestyringsenheden om evt.
fejlmeldelser (tempefejl i motor m.v.)

Pumpestyringen kan sende
driftsinformationer til en central
overvågningsenhed



Pumpestyringen regulerer



Beskrivelse:

Niveaumåler (tryktransducer) i pumpe-sump giver analogt signal (4-20 mA) til Pumpestyringsenheden, med oplysninger om niveau i sump.

Pumpestyringsenheden beregner ved hvilken frekvens pumperne skal køre, ud fra niveauet i sump

Pumpestyringsenheden sender analogt signal til frekvensomformere med besked om ved hvilken frekvens de skal køre.

Pumpestyringsenheden sender start/stop-signal til frekvensomformer (alternerende) som starter pumperne.

Fra el-tavle, og frekvensomformere kan der sendes informationer til Pumpestyringsenheden om evt. fejlmeldelser (temofejl i motor m.v.)

Pumpestyringen kan sende driftsinformationer til en central overvågningsenhed og modtage ny programmering om driftsparametre.



Mulige besparelser ved frekvensreguleret drift

