

Postadresse: Boks 188, Skøyen
0212 Oslo
Besøksadr.: Hoffsveien 13
Telefon: 2206 1950
Telefax: 2252 4541
e-mail: firmapost@bs-akustikk.no

RAPPORT

Tittel

NYTTE OG KOSTNAD VED ENERGIMESSIG OG STØYMESSIG OPPGRADERING AV VIFTER

Rapportnr.

Forfatter(e)

Morten Sandbakken

Dato

29 november 2002

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Postboks 8100 Dep

0032 OSLO

Revisjon

4

Oppdragsgivers ref.

Prosjekt nr 992400

Kontrollert av

Arild Brekke

Oppdragsnr.

11172-00

Antall sider

18

Verifisert av

Fagansvarlig

Morten Sandbakken

Sammendrag

Innholdsfortegnelse

| | |
|---|-----------|
| 1 Sammen drag | 3 |
| 2 Innledning | 4 |
| 3 Eksisterende installasjoner | 4 |
| 4 Viftetyper | 5 |
| 4.1 Vifter med bakoverbøyde skovler | 5 |
| 4.2 Vifter med rette skovler..... | 5 |
| 4.3 Vifter med framoverbøyde skovler | 5 |
| 4.4 Kammervifter | 5 |
| 4.5 Aksialvifter | 6 |
| 5 Transmisjoner. Kraftoverføring fra motor | 6 |
| 5.1 Remdrifter | 6 |
| 5.1.1 Kileremsdrift | 6 |
| 5.1.2 Flatreimsdrift | 6 |
| 5.1.3 Micro-V, Poly-V, Rippenbrandt el..... | 6 |
| 5.1.4 Direkte drift | 7 |
| 6 Motorer | 7 |
| 7 Kapasitetsregulering | 7 |
| 7.1 Vridbare skovler | 7 |
| 7.2 Ledeskinneregulering | 7 |
| 7.3 Frekvensregulering | 7 |
| 8 Valg av vifte | 9 |
| 8.1 Trykkfall | 9 |
| 8.1.1 Systemeffekten | 9 |
| 8.1.2 Kanalmotstanden | 10 |
| 9 Sammenligning av viftestørrelse med hensyn på energiforbruk og støy. | 11 |
| 9.1 Vifter | 11 |
| 10 Konklusjon | 11 |
| 11 Referanser | 13 |

1 Sammendrag

Lavt trykkfall, god viftevirkningsgrad og riktig dimensjonerte systemer gir minst støy og vil forbruke minst energi. I denne rapporten har man sett på hvordan valg av viftestørrelse påvirker investering, driftskostnader og støy. Beregningene viser at store vifter med best mulig virkningsgrad både er økonomisk gunstigst samtidig som de også gir minst støy. Nåverdien er beregnet basert på 7 % rente p.a, 10 års driftstid og med energipris på 30 øre pr. kWh.

- For en vifte med rette skovler, 40 000 m³/h og 1000 Pa totaltrykk, er nåverdien av driftskostnadene ved 24 timers drift på døgn 3,5 – 7,8. ganger større enn investeringskostnadene..

Differanse mellom vifter med god og dårlig virkningsgrad er en nåverdi på kr. 220.000.- som tilsvarer 297 %.

- Tilsvarende for vifter med bakoverbøyde skovler er kr. 157.000.- som tilsvarer 216 %.
- For 10 timers driftstid pr døgn 5 dager i uken er differansen vesentlig mindre, men også her er det lønnsomt å velge stor vifte med god virkningsgrad.
- Støygevinsten ved valg av riktig viftestørrelse kan være 5 - 10 dB. Støygevinsten kan betale merinvesteringen ved valg av større vifte om støydemping er nødvendig.

NYTTE OG KOSTNAD VED ENERGIMESSIG OG STØYMESSIG OPPGRADERING AV VIFTER

2 Innledning

Vifter brukes i ett stort antall applikasjoner og lages i alle størrelser fra de aller minste for lokal kjøling av microchips til store vifter på mange tusen kW brukt i varmekraftverk og industrielle prosesser.

Vifter brukes for kjøling og for transport av luft/gasser eller av ”pulverformig” stoff.

Bruksområdet er avgjørende for valg av type og utførelse.

Mye energi brukes til drift av vifter og kostnader for viftedrift er derfor både av bedriftsøkonomisk og nasjonaløkonomisk interesse. I nyere yrkesbygg står energiforbruket til drift av vifter for 15 - 20 % av byggets totale energiforbruk.

Støy fra vifter er en uønsket effekt fra våre vifteinstallasjoner. Av det som oppleves som sjenerende industristøy står støy fra industrivifter for ca 40 %.

Riktig valg og dimensjonering av vifteinstallasjoner er derfor viktig både for å redusere energiforbruket og støyen. En oppgradering av eksisterende vifteinstallasjoner og riktig design/dimensjonering av nye installasjoner, vil kunne gi både en energimessig og støymessig gevinst.

I denne rapporten beskrives ulike viftetyper og hvordan valg av motor, kraftoverføring og regulering påvirker virkningsgrad og energibehov. I kapittel 9 sammenlignes investering og driftskostnader ved ulike viftestørrelser og viftetyper.

3 Eksisterende installasjoner

For ventilasjonsanlegg blir valg av viftetype og viftestørrelse i hovedsak bestemt av pris og tilgjengelig plass. Driftskostnadene, som er dominerende i forhold til investeringen, blir vanligvis belastet leietager og byggherren er derfor først og fremst interessert i lave investeringer. Bruk av generalentrepriser forsterker dette.

I våre naboland Danmark og Sverige har man i flere år satt fokus på energibehovet til viftedrift og setter krav til SFP faktoren (Specific fan power = kW pr. m³ luft/s). For industriinstallasjoner taes det hensyn til driftskostnadene, spesielt for store vifter, mens for vanlige vifter synes det som om prisen er viktigere enn virkningsgrad og driftskostnader.

4 Viftetyper og virkningsgrad

4.1 VIFTER MED BAKOVERBØYDE SKOVLER

I viftehjul med bakoverbøyde skovler danner skovlene diffusorformede kanaler som gir en statisk trykkøkning i viftehjulet. Ca 85 % av den totale trykkoppsetningen i viften skjer her i viftehjulet og denne type vifter er derfor mindre avhengig av spiralkåpen (viftehuset) enn andre vifter.

Derfor kan også vifter med bakoverbøyde skovler brukes uten spiralkåpe. (se kammervifter) Det er vesentlig å utforme kanalene mellom skovlene på en strømningsmessig god måte. Dette gjøres ved valg av antall skovler, god strømningsmessig utforming av innløpskon, liten spalte mellom innløp og viftehjul og optimale inn- og utløps-vinkler.

Vifter med bakoverbøyde (el. airfoil) skovler har høy virkningsgrad $\eta = 85\%$, bør velges i el. effektive systemer, der hvor ikke andre krav tilsier noe annet.

Vifter med høy virkningsgrad vil alltid ved sammenlignbare mengder og trykk gi mindre støy enn vifter med dårligere virkningsgrad.

4.2 VIFTER MED RETTE SKOVLER

Denne type viftehjul brukes ofte i industrisammenhenger. Skovlene er "selvrensende" og tåler større støvbelastning og tøffere driftsforhold enn vanlige viftehjul. Trykkoppsetningen er høyere enn for vanlige vifter med bakoverbøyde, men virkningsgraden er dårligere og de støymer. Maksimal virkningsgrad er ca. $\eta = 70\%$.

4.3 VIFTER MED FRAMOVERBØYDE SKOVLER

Vifter med framoverbøyde skovler kan i forhold til størrelsen levere store luftmengder. På grunn av størrelsen er de derfor både rimelig i anskaffelse og de krever lite plass. Viftehjulet gir høy utløpshastighet, men ingen statisk trykkøkning. Den høye lufthastigheten fra viftehjulet må omvandles til statisk trykk i spiralkåpa.

Dette gir relativt høye strømningsstap og virkningsgraden begrenses derfor til maksimalt $\eta = 70\%$.

Vifter med framoverbøyde skovler kan gi høye trykk ved lave periferihastigheter. Dette gjør at små viftehjul (< 200 mm) kan gi relativt høye trykk uten at turtallet blir uhensiktsmessig høyt.

4.4 KAMMERVIFTER

Viftehjulet, som er ett vanlig sentrifugalhjul med bakoverbøyde skovler, er montert rett på motorakselen. Fordi viften ikke har noen spiralkåpe er hjulet lett tilgjengelig for inspeksjon og rengjøring. Viften er godt egnet hvor det er krav til lave vibrasjonsnivåer, f.eks i elektronikkindustrien. På grunn av at viften ikke har noen spiralkåpe som kan gjenvinne hastighet til statisk trykk, er virkningsgraden begrenset til ca. $\eta = 70\%$

Kapasitetsreguleringen må skje med frekvensomformer fordi viftehjul og motor roterer med

samme turtall.

Valg av motor/frekvensomformer vil derfor påvirke den totale virkningsgraden. Se kapitel 5.3.

Denne viftetypen er derfor ikke egnet der virkningsgrad og el.forbruk er viktig.

4.5 AKSIALVIFTER

Moderne aksilavifter har ledeskinner etter viftehjulet som gjenvinner statisk trykk av luftens rotasjonen etter viftehjulet. Dette gir høy virkningsgrad, $\eta = 85\%$.

Aksialvifter kan også leveres med skovler som er vridbare under drift. Dette gir høy virkningsgrad over ett stort arbeidsområde. Viftene er oftest direktdrevne slik at tap i remdriften unngås. Aksialvifter med ledeskinner gir høy virkningsgrad og er godt egnet for systemer med store luftmengder.

5 Transmisjoner- Kraftoverføring fra motor

5.1 REMDRIFTER

Remdrifter gjør det mulig å få viften til å gå med ønsket turtall. Standard skiver gir 6 % variasjon mellom trinnene. Dette gir stor fleksibilitet for motorplassering og gjør det mulig å velge motor med passende poltall.

5.1.1 Kileremsdrift

Dette er den vanligste driftsformen. Både skiver og reimer er lett å få tak i. Kileremsdriften krever vedlikehold med etterspenning og har begrenset levetid. Reimene avgir også stoff som er uønsket der hvor det kreves "ren" luft. Virkningsgraden for motoreffekter over 5 kW er ca. 95 %, men kan bli betydelig lavere ved små motoreffekter. Se vedlegg / 5 /.

5.1.2 Flatreimsdrift

Moderne flatreimer er vedlikeholdsfrie, har lang levetid og høy virkningsgrad. De avgir dessuten ubetydelig stoff. Ulempen kan være at tilgjengeligheten på reimer og skiver er begrenset. Levetiden er ca. 5 år, virkninggrad ca. 98 %.

5.1.3 Micro-V, Poly-V, Rippenbrandt el.

Dette er en mellomting mellom kilereimer og flatreimer. De har de samme ulempene som kilereimer med etterspenning, slitasje, begrenset livslengde og stoffavgivelse, men har bedre virkningsgrad.

5.1.4 Direkte drift

Ved direkte drift er viftehjulet montert direkte på motorakselen. Derfor er det ikke noe overføringsledd som krever vedlikehold og heller ingen overføringstap. Dette gir også muligheter til nøyaktig avbalansering og man kan oppnå lave vibrasjonsnivåer.

Aksialvifter kan kapasitetsreguleres ved å vri viftebladene. Sentrifugalvifter må reguleres med turtallsregulering (frekvensomformer). Tapene ved frekvensstyring kan bli vesentlig større enn tapet i remdrifter, men avhenger av hvordan vifteturtallet passer med motorturtallet. Se kapittel 7.3.

6 Motorer

Standard asynkronmotorer har virkningsgrader som varierer mellom 60 % og 95 % avhengig av størrelsen og poltall. Se vedlegg / 5 /. Motorer genererer reaktiv effekt som belaster el.nettet. Andelen reaktiv effekt øker og virkningsgraden minker når motoren går ved redusert last. Målinger på viftemotorer viser at de fleste er overdimensjonerte, i mange tilfeller opptil 100 %. Byggforskningsrådet i Sverige har rapportert om prosjekt i Stockholm der viftemotorene var overdimensjonert med mer enn 100 %, og bytte av motorer reduserte el.forbruket med 60 %. For frekvensstyrte motorer som reguleres undersynkront, dvs at de går med en frekvens lavere enn nettfrekvensen, vil dette kunne være spesielt kritisk.

En-fasemotorer har dårlig virkningsgrad og høyt støynivå, og brukes bare til små vifter.

7 Kapasitetsregulering

7.1 VRIDBARE SKOVLER

Større aksialvifter reguleres ved å vri skovlene under drift ved konstant motorturtall. Dette gir høy virkningsgrad over ett stort reguleringsområde. Støynivået reduseres ved redusert kapasitet.

7.2 LEDESKINNEREGULERING

For sentrifugalvifter er ledeskinneregulering ett godt alternativ. I kombinasjon med to-hastighetsmotor gir dette økonomisk drift.

Støynivået endrer seg lite med kapasitetsendringen.

7.3 FREKVENSSREGULERING

Tilgjengeligheten og kostnadene for frekvensomformere har gjort at denne reguleringsformen har økt i anvendelse. Omformerene har høy virkningsgrad (> 90 %) over ett stort reguleringsområde under forutsetning av at reguleringen skjer på begge sider av nettfrekvensen på 50 Hz. Dette kan man alltid oppnå ved remdrifter. Ved direkte drift hvor man må regulere innenfor et annet frekvensområde, kan virkningsgraden bli vesentlig lavere.

Bruk av frekvensomformer påvirker også valg av motorstørrelse.

Er turtallet høyere enn merketurtallet, dvs over 50 Hz; kan motoren belastes opp til sin merkeeffekt.

Drives motoren undersynkront må den overdimensjoneres med en faktor K i henhold til tabellen 1.

| Driftsturtall/merketurtall | Korrigeringsfaktor, K |
|----------------------------|-----------------------|
| 0,9 | 1,15 |
| 0,8 | 1,35 |
| 0,7 | 1,6 |
| 0,6 | 1,9 |
| 0,5 | 2,4 |

Tabell 1. K-faktor for dimensjonering av motor ved undersynkron frekvensstyring

Dette betyr at dersom motoren skal gå på halv hastighet må den overdimensjoneres med en faktor 2,4, dvs at man må gå opp 2-3 trinn på motorstørrelsen. Dette vil kunne doble motorprisen. Samtidig vil den reaktive effekten øke og virkningsgraden reduseres med 5 - 10 %.

Frekvensomformerer må dimensjoneres etter motorens merkeeffekt ved merketurtallet. Det vil si at ved undersynkron regulering må frekvensomformerer også overdimensjoneres.

I turtallsområde 2500 - 3000 r/m må 2-polig motor velges og reguleres ned. Motoren må derfor overdimensjoneres, noe som gir redusert virkningsgrad for motor/frekvensomformer.

Eksempel.

Valg av motor for drift av vifte med akseffekt på 19 kW og turtall $n = 785$ r/m.

For 4- og 6-polige motorer blir K-faktoren stor, dvs at motoren må overdimensjoneres mye. En 4-polig motor må velges for 45 kW, en 6-polig for 30 kW.

Med remdrift velges en 4-polig motor, størrelse 180L-4, med merkeeffekt 22 kW. Med direktdrift må man for alle tre tilfellene velge motorstørrelse 225M. Dette innebærer en større og tyngre motor og en dobling av motorprisen.

Tabellen viser at effektforbruket øker ved bruk av frekvensomformere når hastighetsreduksjonen blir stor.

Direktdreven vifte

| Poltall | Nedveksling av motor | K-fakt | Min.motor effekt kW | Virkn grad % motor/regul/rev m | Motor merke-effekt kW | Motordi m | Total. El. effekt kW |
|---------|----------------------|--------|-------------------------|---|-----------------------|-----------|----------------------|
| 4 | $785/1540 = 0,54$ | 2,2 | $19 \times 2,2 = 41,8$ | $\eta_{\mu} = 91,5\%$ $\eta_{pe\gamma} = 70\%$ | 45 | 225M-4 | 29,7 |
| 6 | $785/980 = 0,80$ | 1,35 | $19 \times 1,35 = 25,7$ | $\eta_{\mu} = 92,0\%$ $\eta_{pe\gamma} = 93,0\%$ | 30 | 225M-6 | 22,2 |
| 8 | $785/740 = 1,0$ | 1,0 | $19 \times 1,0 = 19,0$ | $\eta_{\mu} = 90,0\%$ $\eta_{pe\gamma} = 96,0\%$ | 22 | 225M-8 | 22,0 |

Vifte med kileremdrift

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|------------------|--|----|--------|------|
| 4 | 1,0 | 1,0 | $19/0,95 = 20,0$ | $\eta_{\mu} = 91,5\%$ $\eta_{pe\mu} = 95\%$ | 22 | 180L-4 | 21,9 |
|---|-----|-----|------------------|--|----|--------|------|

Vifte med planreimsdrift

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|--------------|--|----|--------|------|
| 4 | 1,0 | 1,0 | 19/0,98=19,4 | $\eta_{\mu} = 91,5 \%$ $\eta_{\rho\epsilon\mu} = 98 \%$ | 22 | 180L-4 | 21,2 |
|---|-----|-----|--------------|--|----|--------|------|

η_m = Virkningsgrad for motor

η_{reg} = Virkningsgrad for frekvensomformer

η_{rem} = Virkningsgrad for remdriften

Ved remdrift vil en 4-polig 22 kW-motor type 180L vært tilstrekkelig. Prisen på denne vil være ca kr 17000. mens en 8-polige motor, 225M8, på 22 kW vil koste kr 35000.-

En sammenligning av total elektrisk effekt-behov (se tabellen nedenfor) viser en variasjon på 40 % fra den beste til den dårligste løsningen.

8 Valg av vifte

Riktig viftevalg i kombinasjon med ett system designet for lavt trykkfall er viktig med hensyn på både energiforbruk og støy.

Valg av viftetype bestemmes av luft/gass-mengde, trykk og driftsforhold som temperatur, type medie og korrosiviteten på dette. Dessuten kan andre faktorer som tilgjengelig plass, vekt, anslutningsalternativer være bestemmende for viftevalget.

8.1 TRYKKFALL

Nøyaktige trykkfallsberegninger er viktig for å kunne bestemme driftspunktet for viften. Viftestørrelsen bør velges slik at best mulig virkningsgrad oppnåes. Ofte blir trykkfallsberegningene gjort skjematisk. Av frykt for at motoren skal bli for liten og må skiftes, legges det på "litt ekstra" for å være på den sikre siden. Bytte av motor kan bli dyrt hvis det også fører til at kabler, sikringer og kontaktorer må skiftes.

Dette medfører ofte at viftens trykkoppsettning blir overdimensjonert. Ved innjusterings/igangkjøring av systemet, blir trykket derfor justert ned. En reduksjon av det dimensjonerende trykket medfører både at viftens virkningsgrad blir lavere, og at motor og eventuell frekvensomformer blir overdimensjonert, noe som fører til redusert virkningsgrad. En underestimering av anleggs-trykket vil derimot oftest føre til at virkningsgraden forbedres når vifteturallet og trykket øker. Ulempen ved en underestimering er at motoren kan bli for liten og må skiftes.

8.1.1 Systemeffekten

Viftediagrammene er tatt fram ved tilnærmet ideelle driftsforhold for viften. I en virkelig installasjon er dette sjeldent tilfelle. Forskjellen mellom oppstillingen ved labmålinger og ved den aktuelle anleggssituasjonen kalles system effekten.

Den har form som ett trykktap og beregnes som:

$$\Delta P_{\text{syst}} = \xi_{\text{syst}} \times p_{\text{dyn}}$$

der

$$\Delta P_{\text{syst}} = \text{Systemeffekt, (Pa)}$$

SFT Prosjekt nr 992400
 Nytte og kostnad ved energimessig og støymesig oppgradering av vifter

ξ_{syst} = Systemeffekt faktoren

p_{dyn} = Dynamisk trykk i viftens nominelle inn- eller utløpsareal, (Pa)

For beregning av systemeffekten se ref. 10. Den totale anleggsmotstanden, inklusiv systemeffektene for både suge- og trykkside, brukes for å bestemme viftens driftspunkt.

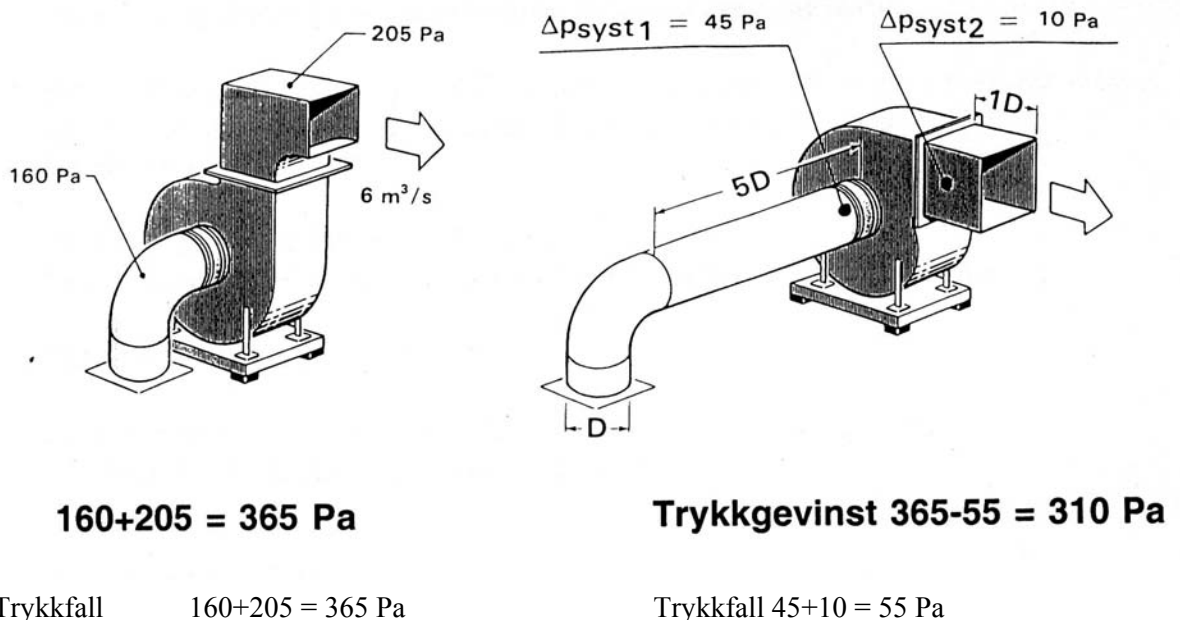
8.1.2 Kanalmotstanden

Strømningsmessige dårlig prosjekterte og utførte kanaler og kanal-føringer kan gi opphav til store trykkfall. Spesielt viktig er kanalføringene på suge- og trykksiden av viften som er avgjørende for systemeffektene.

Ved utforming av kanalanlegget bør det legges vekt på jevne hastigheter i hele systemet med koniske overganger og god avrunding i bend. Bruk av samle- og fordelingskasser bør unngås hvis mulig.

Eksempel på redusert trykkfall ved modifisering av kanalføringer.

Figuren viser at ved små endringer av kanalføringer kan trykkfallet reduseres med 310 Pa.



9 Sammenligning av viftestørrelse med hensyn på energiforbruk og støy.

9.1 VIFTER

Det gjort sammenligninger mellom ulike viftestørrelser for å se hvordan dette valget påvirker investering, energiforbruk og avgitt støynivå.

Denne sammenligningen av kostnader er basert på nåverdiberegning på grunnlag av 10 år driftstid, rente på 7% p.a og en energipris på kr 0,30 pr. kWh.

Beregningen er gjort for vifter med bakoverstilte skovler og to luftmengder samt for vifter med rette skovler og en luftmengde. Forutsetningene er vist i tabellen nedenfor.

| Luftmengde- totaltrykk | Type vifte | Antall vifte- størrelser | Driftstid pr.døgn |
|--|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| $q = 40000 \text{ m}^3/\text{h}$ $\Delta p_t = 1000 \text{ Pa}$ | B-hjul (krumme skovler) | 4 | 24 timer 10 timer |
| $q = 40000 \text{ m}^3/\text{h}$ $\Delta p_t = 1000 \text{ Pa}$ | B-hjul (rette skovler) | 4 | 24 timer 10 timer |
| $q = 10000 \text{ m}^3/\text{h}$ $\Delta p_t = 1000 \text{ Pa}$ | B-hjul (krumme skovler) | 5 | 24 timer 10 timer |

Tabell 2. Forutsetninger for sammenligningene av investering, driftskostnader og avgitt støy. (se også vedlegg 1 og 2)

10 Konklusjon

Beregningene viser at den største viften med best virkningsgrad alltid gir de laveste totalkostnadene.

- For en luftmengde på 40 000 m³/h og 1000 Pa totaltrykk er differansen i beregnet nåverdi mellom en liten og stor vifte med rette skovler og døgkontinuerlig drift kr 220.000. Dette er en økning på 297 % i forhold til prisen (investeringen) på den billigste viften.
- For vifter med bakoverbøyde skovler og samme luftmengde er differansen kr 132.000.- som tilsvarer 216 % .
- For 10 timers drift er tilsvarende besparelser kr. 46.000.- og kr. 21.000.-.
- Tilsvarende støygevinst blir 7 - 10 dB.

SFT Prosjekt nr 992400

Nytte og kostnad ved energimessig og støymesig oppgradering av vifter

Ved høyere energipriser vil gevinsten bli tilsvarende større og vil være vesentlig også ved korte driftstider.

Resultaten fra beregningen er presentert grafisk i vedlegg 3 og 4.

Oppgradering av vifteinstallasjoner ved å velge riktig viftestørrelse gi, store økonomiske besparelser. Besparelsene er størst ved lange brukstider.

Samtidig kan støyen fra viften reduseres med opptil 10 dB. I mange situasjoner vil støygevinsten alene forsvare investeringen på grunn av besparelse i støyreducerende tiltak.

11 Referanser

1. K.E. Fermer, ABB Ventilation Products: Viftetyper og deres virkemåte. Sentrifugalvifter
Kurs "VIFTER I LUFTTEKNISKE ANLEGG" 5 - 7 OKTOBER 1998
2. K.E. Fermer, ABB Ventilation Products: Lufttekniske anlegg og typiske driftsparametre.
Kurs "VIFTER I LUFTTEKNISKE ANLEGG" 5 - 7 OKTOBER 1998
3. Rune Lien, J L Bruvik: Viftedriften
Kurs "VIFTER I LUFTTEKNISKE ANLEGG" 5 - 7 OKTOBER 1998
4. Per Wickmann, Lars Fyrhake: Ta ett steg till
Byggforskningrådet
5. AMCA Publication 200-95: Air Systems
6. AMCA Publication 201-91: Fans and Systems
7. AMCA Publication 202-98: Troubelshooting
8. AMCA Publication 203-90: Field Performance Measurement of Fan Systems
9. Lennart Jagemar. ENERGIØKONOMI. Val av flakter och kanalutforming før luftbehandlingssystem i servicelokaler och industri. Lic.avhandling 1991
10. Fläkten. Utgåva B 1980
11. ABB Motors/Frekvensomformere. Produktkatalog-Prisliste 1996
12. SIEMENS. Prosjekteringsunderlag for motorer. Katalog 40 D. 1988
13. Danfoss A/S. Værd å vite om frekvensomformere
14. J.L. Bruvik. Produktkatalog-Prisliste

Vedlegg 1

Prosjekt: **SFT Nr: 99240**

Vedlegg 1

"NYTTE OG KOSTNAD VED ENERGIMESSIG OG STØYMESSIG OPPGRADERING AV VIFTER" 24 timers drift

Sammenligning av investering og driftskostnader for ulike viftevalg
Utgangspunkt: Data og priser for Chicago Blower, lev J.L. Bruvik

8670 h/år

| Vifte | Luftmengde | | Trykk | | RPM | Virkningsgrad | | | Effekt | |
|---------------|------------|------|-----------|------------|------|---------------|---------|-------|-------------|-------------|
| | m3/h | m3/s | Pst Pa | Ptot Pa | | Vifte | R.drift | Total | Netto kW | Motor kW |
| SQA 30 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1300 | 1800 | 0,64 | 0,05 | 0,61 | 23,8 | 30 |
| SQA 33 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1200 | 1420 | 0,72 | 0,05 | 0,68 | 19,5 | 22 |
| SQA 36 1/2 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1150 | 1070 | 0,8 | 0,05 | 0,76 | 16,8 | 18,5 |
| SQA 40 1/4 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1100 | 850 | 0,85 | 0,05 | 0,81 | 15,1 | 18,5 |
| SQB 30 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1300 | 1600 | 0,53 | 0,05 | 0,50 | 28,7 | 37 |
| SQB 33 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1200 | 1330 | 0,6 | 0,05 | 0,57 | 23,4 | 30 |
| SQB 36 1/2 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1150 | 1000 | 0,7 | 0,05 | 0,67 | 19,2 | 22 |
| SQB 40 1/4 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1110 | 830 | 0,78 | 0,05 | 0,74 | 16,6 | 18,5 |
| SQA 15 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1300 | 3500 | 0,63 | 0,06 | 0,59 | 6,1 | 7,5 |
| SQA 16 1/2 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1200 | 2800 | 0,68 | 0,06 | 0,64 | 5,2 | 7,5 |
| SQA 18 1/4 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1150 | 2200 | 0,73 | 0,06 | 0,69 | 4,7 | 5,5 |
| SQA 20 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1090 | 1900 | 0,77 | 0,06 | 0,72 | 4,2 | 5,5 |
| SQA 22 1/4 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1090 | 1500 | 0,84 | 0,06 | 0,79 | 3,8 | 5,5 |

Beløpene er i 1000 Kroner

| Vifte | Invest.kost | Driftskost. | Totalt | Økning av tot kost | | LW |
|------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----|-----|
| | | | | % av investering | % | |
| SQA 30 | 8 B | 61 | 434 | 495 | 216 | 105 |
| SQA 33 | 9 B | 60 | 356 | 416 | 88 | 104 |
| SQA 36 1/2 | 10 B | 73 | 307 | 380 | 23 | 101 |
| SQA 40 1/4 | 11 B | 87 | 277 | 363 | 0 | 98 |
| | | Invest.kost | Driftskost. | Totalt | | |
| SQA 30 | 8 B | 67 | 524 | 592 | 297 | 113 |
| SQA 33 | 9 B | 66 | 427 | 494 | 155 | 112 |
| SQA 36 1/2 | 10 B | 76 | 351 | 427 | 48 | 105 |
| SQA 40 1/4 | 11 B | 87 | 304 | 391 | 0 | 103 |
| | | Invest.kost | Driftskost. | Totalt | | |
| SQA 15 | 1B | 20 | 111 | 131 | 193 | 103 |
| SQA 16 1/2 | 2B | 21 | 95 | 116 | 111 | 100 |
| SQA 18 1/4 | 3B | 21 | 85 | 106 | 61 | 98 |
| SQA 20 | 4B | 22 | 76 | 98 | 24 | 98 |
| SQA 22 1/4 | 5B | 23 | 70 | 93 | 0 | 95 |

SFT Prosjekt nr 992400
Nytte og kostnad ved energimessig og støymessig oppgradering av vifter

Vedlegg 2

Prosjekt: **SFT Nr: 99240**

Vedlegg 2

"NYTTE OG KOSTNAD VED ENERGIMESSIG OG STØYMESSIG OPPGRADERING AV VIFTER" 10 timers drift

Sammenligning av investering og driftskostnader for ulike viftevalg

2550 h/år

Utgangspunkt: Data og priser for Chicago Blower, lev J.L. Bruvik

| Vifte | Luftmengde | | Trykk | | RPM | Virkningsgrad | | | Effekt | |
|------------|------------|------|-----------|------------|------|---------------|---------|-------|-------------|-------------|
| | m3/h | m3/s | Pst Pa | Ptot Pa | | Vifte | R.drift | Total | Netto kW | Motor kW |
| SQA 30 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1300 | 1800 | 0,64 | 0,05 | 0,61 | 23,8 | 30 |
| SQA 33 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1200 | 1420 | 0,72 | 0,05 | 0,68 | 19,5 | 22 |
| SQA 36 1/2 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1150 | 1070 | 0,8 | 0,05 | 0,76 | 16,8 | 18,5 |
| SQA 40 1/4 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1100 | 850 | 0,85 | 0,05 | 0,81 | 15,1 | 18,5 |
| SQB 30 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1300 | 1600 | 0,53 | 0,05 | 0,50 | 28,7 | 37 |
| SQB 33 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1200 | 1330 | 0,6 | 0,05 | 0,57 | 23,4 | 30 |
| SQB 36 1/2 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1150 | 1000 | 0,7 | 0,05 | 0,67 | 19,2 | 22 |
| SQB 40 1/4 | 40000 | 11,1 | 1000 | 1110 | 830 | 0,78 | 0,05 | 0,74 | 16,6 | 18,5 |
| SQA 15 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1300 | 3500 | 0,63 | 0,06 | 0,59 | 6,1 | 7,5 |
| SQA 16 1/2 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1200 | 2800 | 0,68 | 0,06 | 0,64 | 5,2 | 7,5 |
| SQA 18 1/4 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1150 | 2200 | 0,73 | 0,06 | 0,69 | 4,7 | 5,5 |
| SQA 20 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1090 | 1900 | 0,77 | 0,06 | 0,72 | 4,2 | 5,5 |
| SQA 22 1/4 | 10000 | 2,8 | 1000 | 1090 | 1500 | 0,84 | 0,06 | 0,79 | 3,8 | 5,5 |

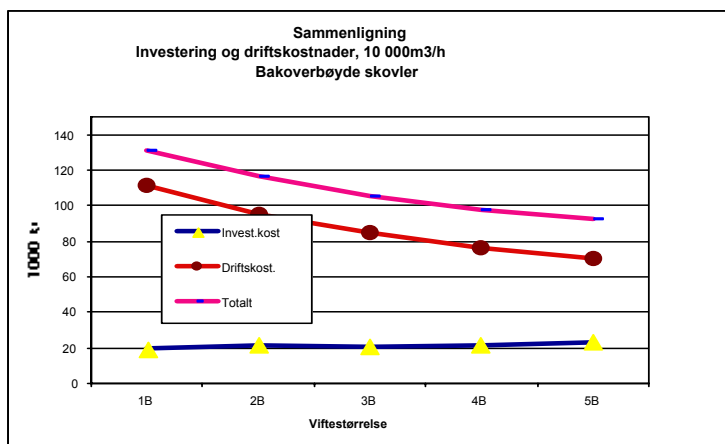
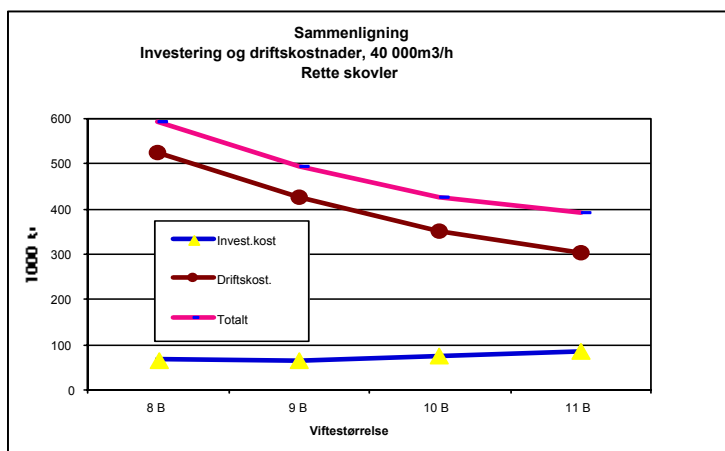
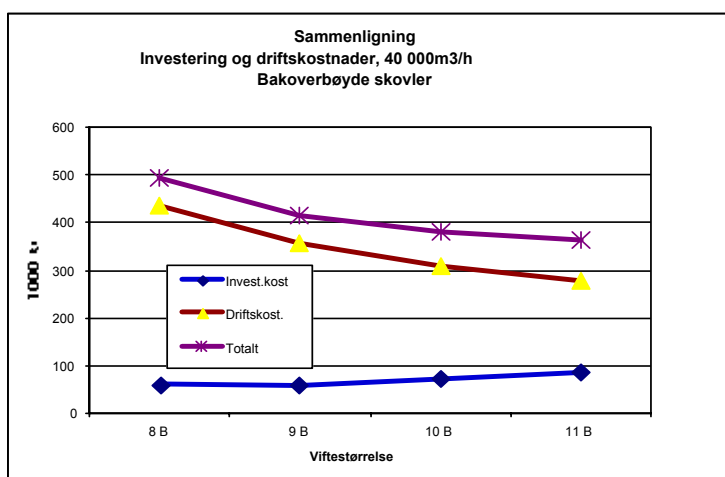
Beløpene er i 1000 Kroner

| Vifte | | Invest.kost | Driftskost. | Totalt | Økning av tot kost |
|------------|------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| | | | | | % av investering |
| SQA 30 | 8 B | 61 | 128 | 189 | 34 |
| SQA 33 | 9 B | 60 | 105 | 165 | -6 |
| SQA 36 1/2 | 10 B | 73 | 90 | 163 | -7 |
| SQA 40 1/4 | 11 B | 87 | 81 | 168 | 0 |
| | | Invest.kost | Driftskost. | Totalt | |
| SQA 30 | 8 B | 67 | 154 | 222 | 67 |
| SQA 33 | 9 B | 66 | 126 | 192 | 24 |
| SQA 36 1/2 | 10 B | 76 | 103 | 179 | 4 |
| SQA 40 1/4 | 11 B | 87 | 89 | 176 | 0 |
| | | Invest.kost | Driftskost. | Totalt | |
| SQA 15 | 1B | 20 | 33 | 52 | 45 |
| SQA 16 1/2 | 2B | 21 | 28 | 49 | 27 |
| SQA 18 1/4 | 3B | 21 | 25 | 46 | 10 |
| SQA 20 | 4B | 22 | 22 | 44 | 3 |
| SQA 22 1/4 | 5B | 23 | 21 | 44 | 0 |

| Lw |
|-----|
| 105 |
| 104 |
| 101 |
| 98 |
| 113 |
| 112 |
| 105 |
| 103 |
| 103 |
| 100 |
| 98 |
| 98 |
| 95 |

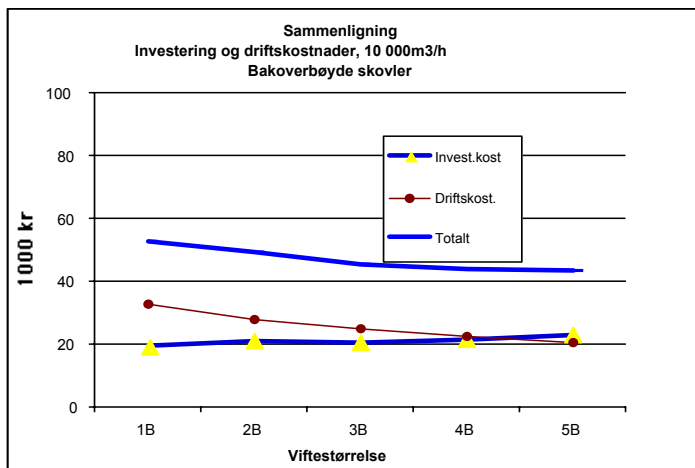
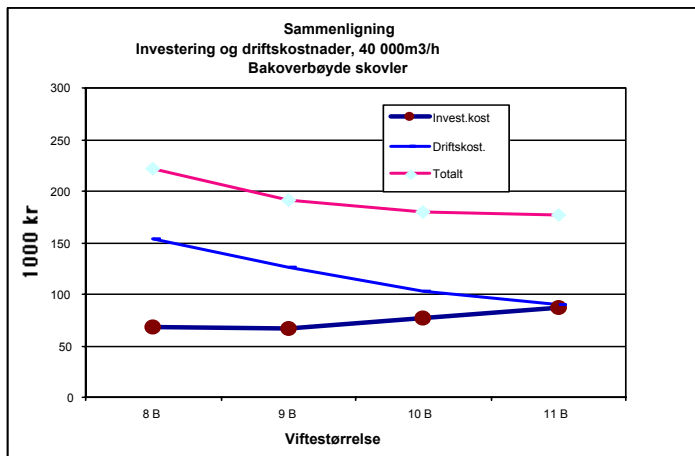
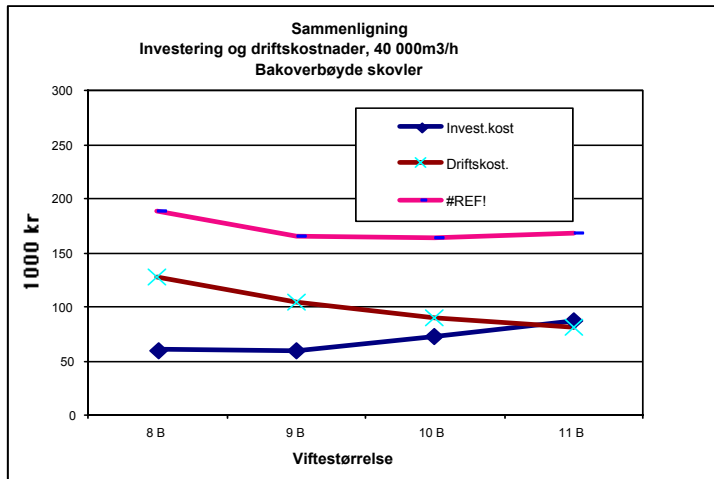
Vedlegg 3

Sammenligning av investering-, drift- og total kostnader ved 24 timers drift



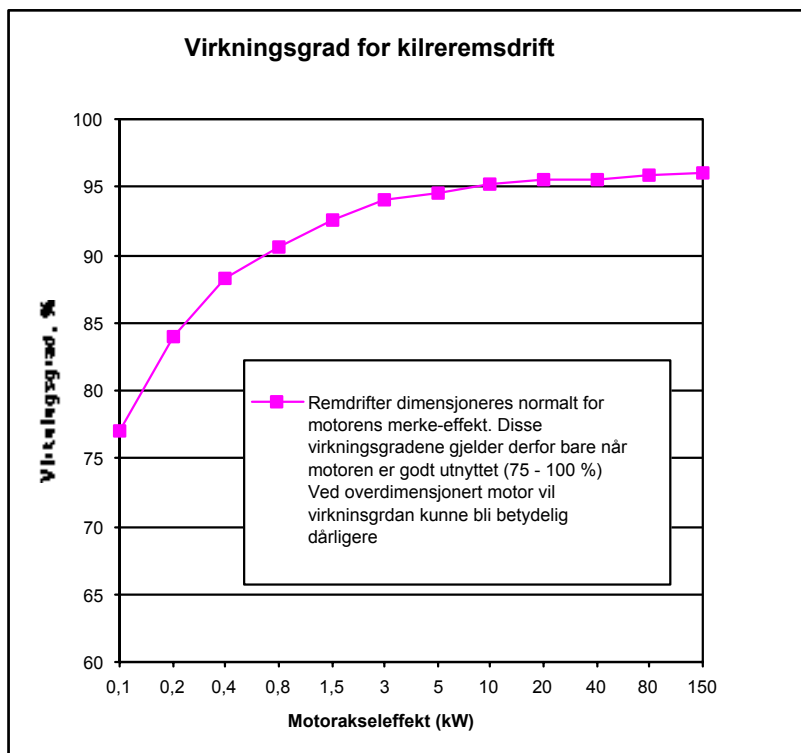
Vedlegg 4

Sammenligning av investering-, drift- og totalkostnader ved 10 timers drift



Vedlegg 5

Motor og remdrifter - Virkningsgrader



Kilde V-skrift 1995:1

| Merkeeffekt kW | Motorvirkningsgrad, % | | |
|----------------|-----------------------|-------|-------|
| | 2-pol | 4-pol | 6-pol |
| 0,18 - 0,8 | 71 | 66 | 61 |
| 1,1 - 3 | 83 | 79 | 78 |
| 4 - 11 | 87 | 86 | 85 |
| 15 - 55 | 92 | 92 | 92 |
| Større enn 55 | 95 | 95 | 95 |

Kilde R 2 "Klasseindelad luftdistribusjonssystem"

Motorens virkningsgrad reduseres ved dellast.

Ved 25 % last (halvering av vifteturallet) kan virkningsgraden reduseres med 10-20 %

Ved lavere belastning synker virkningsgraden raskt.