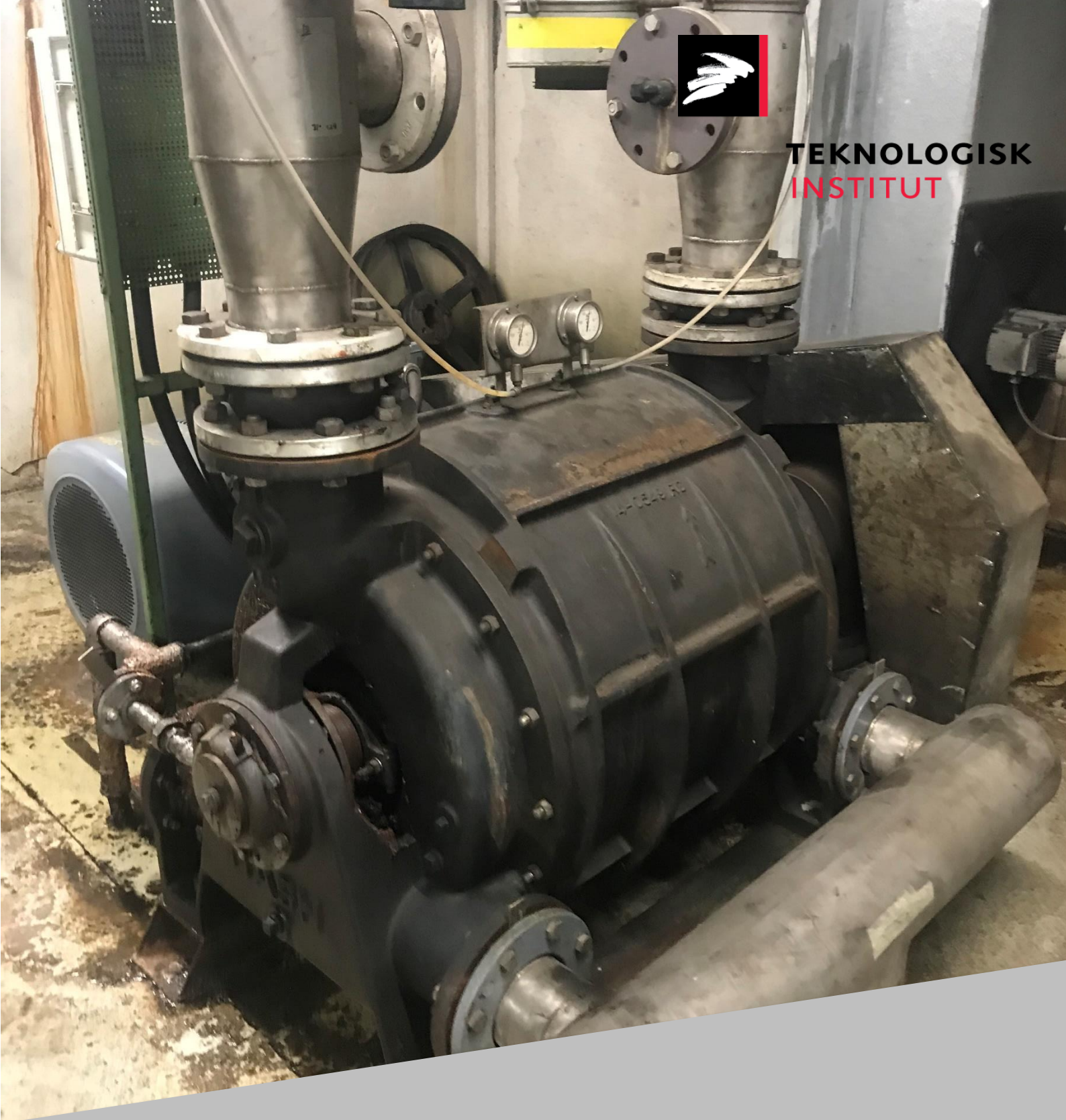


**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



VAKUUMAPPLIKATION – VEJLEDNING

December 2022

Indholdsfortegnelse

	Side
1 Indledning	2
2 Anvendelse af programmet	2
2.1 Installation	2
2.2 Mulige beregninger	2
2.2.1 "Falsk luft" styring	2
2.2.2 Drøvleregulering	2
2.2.3 Omdrejningstalregulering af flere ens pumper	3
2.2.4 Omdrejningstalregulering af en stor pumpe	3
3 Fastlæggelse af inddata	3
4 Eksempel	10
4.1 Pumperegulering	10

1 Indledning

Formålet med denne vejledning er at guide læseren i anvendelsen af den applikation, der er udviklet for vakuumanlæg i forbindelse med ELFORSK projektet "Optimering af vakuum- og overtryksanlæg".

2 Anvendelse af programmet

2.1 Installation

Programmet er udført i National Instruments programsprog Labview, der installeres med den Installer der kan hentes sammen med det øvrige projektmateriale. De brugere der har installeret f.eks. Motor Systems Tool eller andet beregningsværktøj der er baseret på Labview behøver ikke anvende Installer'en. Der klikkes på den medfølgende Installer for at downloade Labview programmet. Følg anvisningerne for at installere programmet på din PC. Når installationen er tilendebragt, har du Labview på din PC, og er klar til at installere den udviklede applikation Hydraulik.exe, der følger med denne vejledning.

Der medfølger ligeledes et eksempel på inddata, der kan anvendes ved at anvende knappen "Hent data" i fanen "Beregningsgrundlag" i applikationen.

Nedenfor ses en oversigt over forholdene ved forskellige løsninger til opdeling i og anvendelse af vakuumsystemer.

2.2 Mulige beregninger

Det udviklede beregningsværktøj kan håndtere i alt fire forskellige reguleringsformer. Værktøjet kan anvendes både til analyse af eksisterende anlæg og ved planlægning af nyanlæg.

2.2.1 "Falsk luft" styring

"Falsk luft" styring benyttes ofte i mindre vakuumsystemer som reguleringsform. Reguleringen foregår med en ventil, som er placeret på sugesiden af vakuumpumpen. Ventilen åbner ved et forudbestemt tryk til atmosfæren. Reguleringen sikrer, at trykket holdes konstant uanset behovet for vakuum.

Ved denne form for regulering er flowet og trykket over pumpen konstant. Derimod varierer flowet ved forbrugsstederne.

Ved "Falsk luft" styring kører pumpen og motorens nettilsluttet og omdrejningstallet for pumpe og motor er konstant.

Reguleringsformen ses typisk på ældre systemer og kan energimæssigt ikke anbefales.

2.2.2 Drøvleregulering

Ved drøvleregulering holdes et konstant tryk ved forbrugsstederne uanset variationerne i flowet. Dette sker ved hjælp af en drøvlventil mellem forbrugsstederne og pumpen, der holder trykket konstant uanset behovet for vakuum.

Ved drøvleregulering kører pumpen og motorens nettilsluttet og omdrejningstallet for pumpe og motor er konstant.

Reguleringsformen ses typisk på ældre systemer og kan energimæssigt ikke anbefales.

2.2.3 Omdrejningstalregulering af flere ens pumper

Ved at behovsstyre flere ens vakuumpumper med omdrejningstalregulering opnås et konstant tryk i vakuumstrengene, samt blød opstart af pumperne. Desuden opnås den fordel, at man i nogle tilfælde kan køre oversynkront (60 – 100 Hz). Det skal altid undersøges hos leverandøren af vakuumpumpen om den givne pumpe kan holde til at køre oversynkront.

Kapselblæsere har en karakteristik, hvor ydelsen stort set er ligefrem proportional med omdrejningstallet. Denne pumpetype er derfor særdeles velegnet til omdrejningstalregulering.

Energimæssigt kan der opnås væsentlige besparelser ved anvendelse af omdrejningstalregulering.

Ved denne reguleringsform reduceres omdrejningstallet på pumperne i systemet og pumperne kobles ind/ud alt efter behovet.

2.2.4 Omdrejningstalregulering af en stor pumpe

Ved at behovsstyre en stor vakuumpumpe med omdrejningstalregulering opnås igen et konstant tryk i vakuumstrengene, samt blød opstart af pumpen.

Ved denne reguleringsform reduceres omdrejningstallet på den store pumpe i afhængighed af behovet.

3 Fastlæggelse af inddata

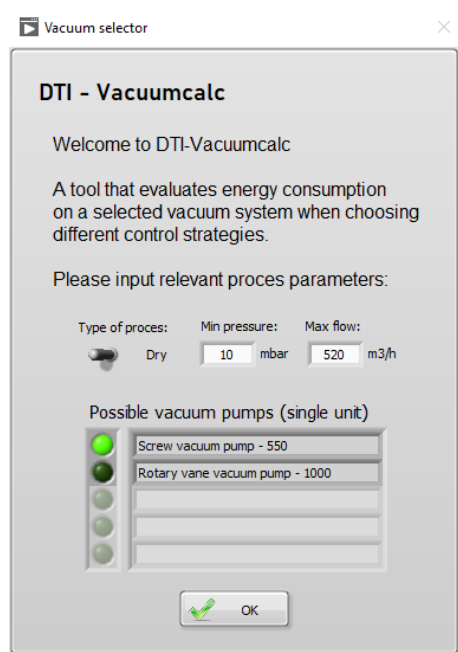
Udgangspunktet for beregningerne er inddata for flow og tryk som funktion af tiden.

Beregningsværktøjet tager udgangspunkt i systemer med én pumpe og systemer med flere ens pumper.

Input til det udviklede beregningsværktøj foretages på baggrund af en detaljeret gennemgang af de processer anlægget betjener. I værktøjet skal der indtastes værdier for flow- og trykbehov for summen af de processer, der betjenes af vakuumsystemet.

Værktøjet kan kun regne på vakuumsystemer med én pumpe eller med flere kaskadekoblede ens pumper. Hvis der, som i eksempel 2, er to forskellige pumper behandles disse hver for sig og effekterne lægges sammen.

Ved opstart af applikationen ses dette skærmbillede.



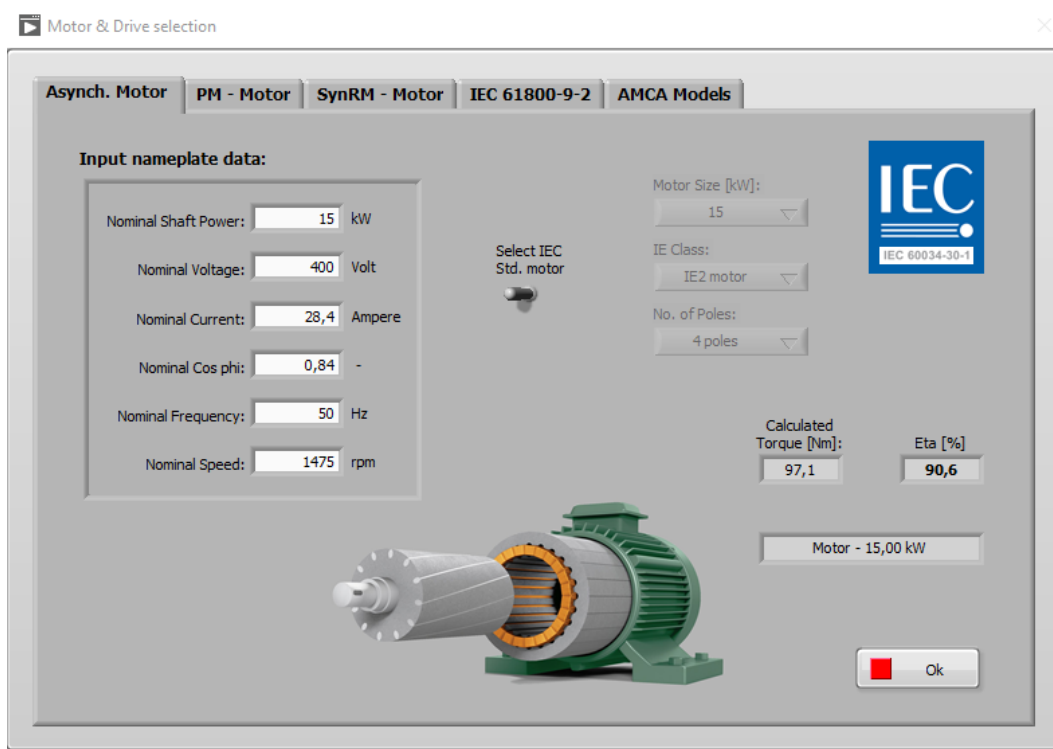
Figur 3.1 Valg af pumpe

Til at starte med, skal man vælge om der er tale om en tør eller våd proces. Dette har betydning for, hvilke typer pumper, der kan vælges.

Desuden skal man vælge det laveste tryk og det højeste flow, der vil kunne forekomme i vakuumsystemet.

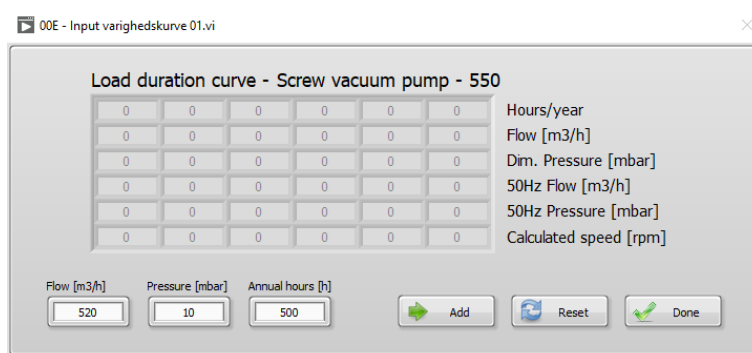
Når disse parametre er valgt, får man en liste med de typer pumper og pumpestørrelser, der kan vælges.

Når pumpetypen og -størrelsen er valgt, får man automatisk valgt en asynkronmotor i den nødvendige størrelse. Der er også mulighed for at vælge en permanentmagnetmotor og en synkronreluktansmotor. Endelig kan der vælges en motor ud fra IEC 61800-9-2 standarden eller AMCA-model.



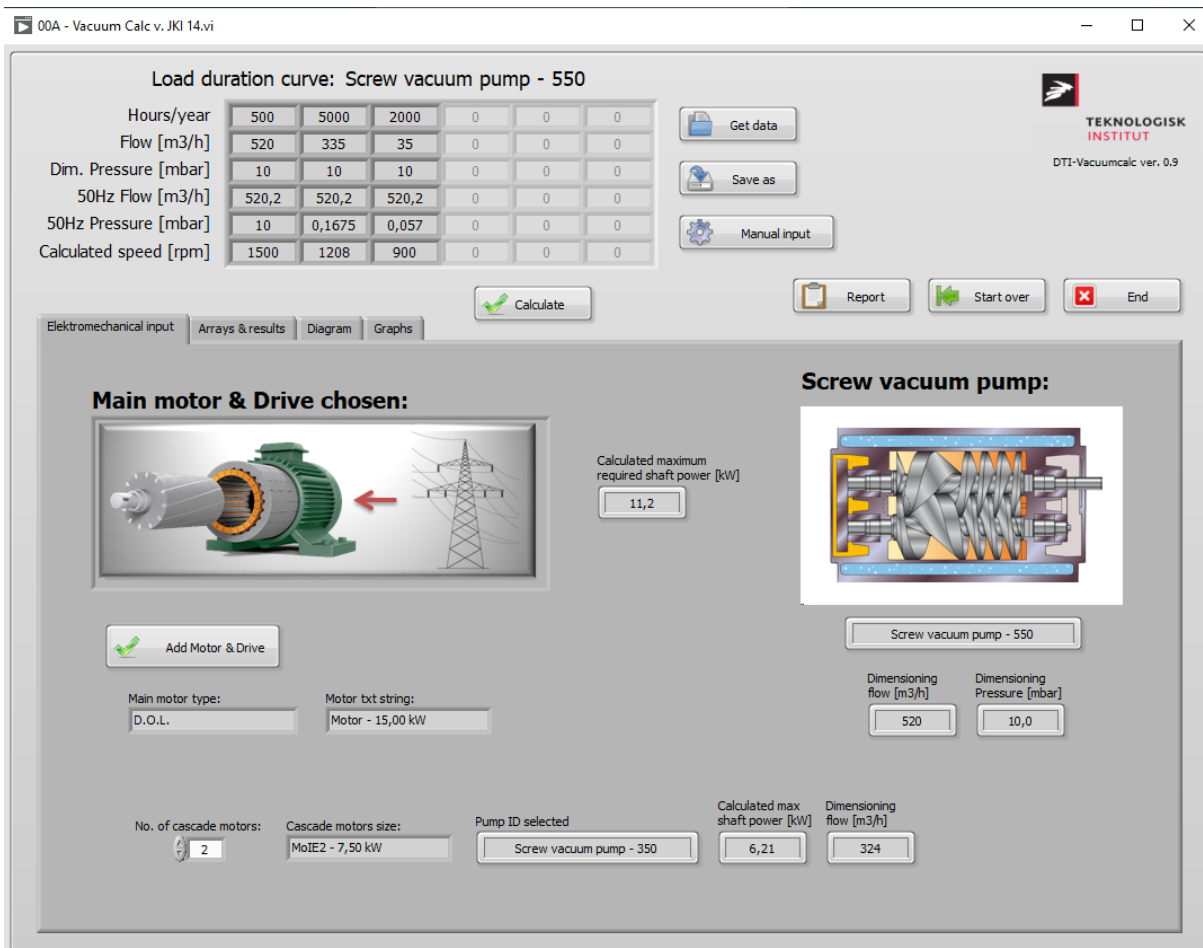
Figur 3.2 Valg af elmotor

Når elmotoren er valgt, skal man indlæse en varighedskurve, som viser samhørende værdier for driftstid, flow og tryk. Data kan enten indtastes manuelt eller man kan hente data fra en tekstfil.



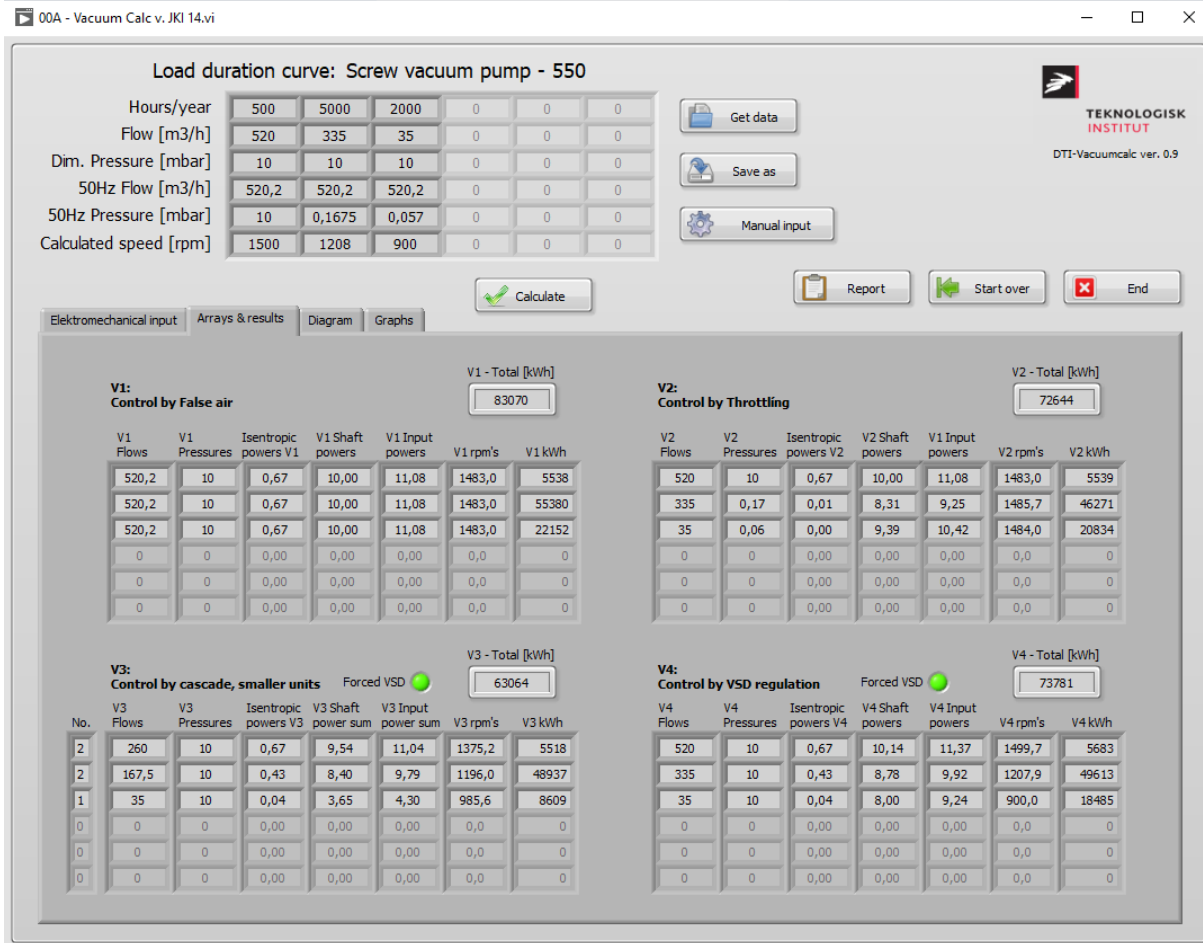
Figur 3.3. Manuel indtastning af arbejds punkter

I tabellen med varighedskurven vises flowet og trykket ved 50 Hz til information for den valgte pumpe. Desuden vises den beregnede motorhastighed ved de fastsatte flow og tryk til information.



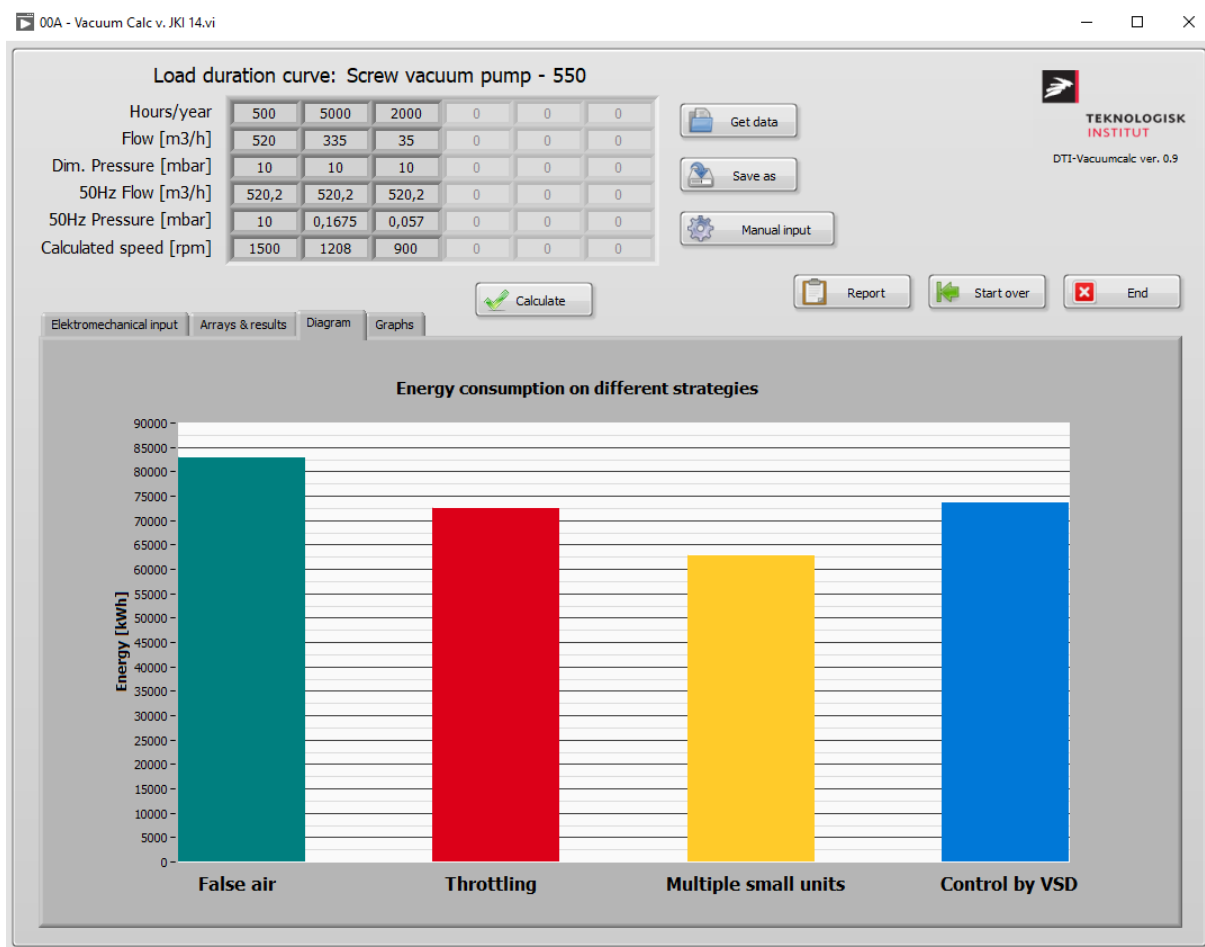
Figur 3.4. Indtastning af varighedskurve

Når man klikker på "Calculate" foretager værktøjet beregninger af elforbrug ved de forskellige reguleringsformer.



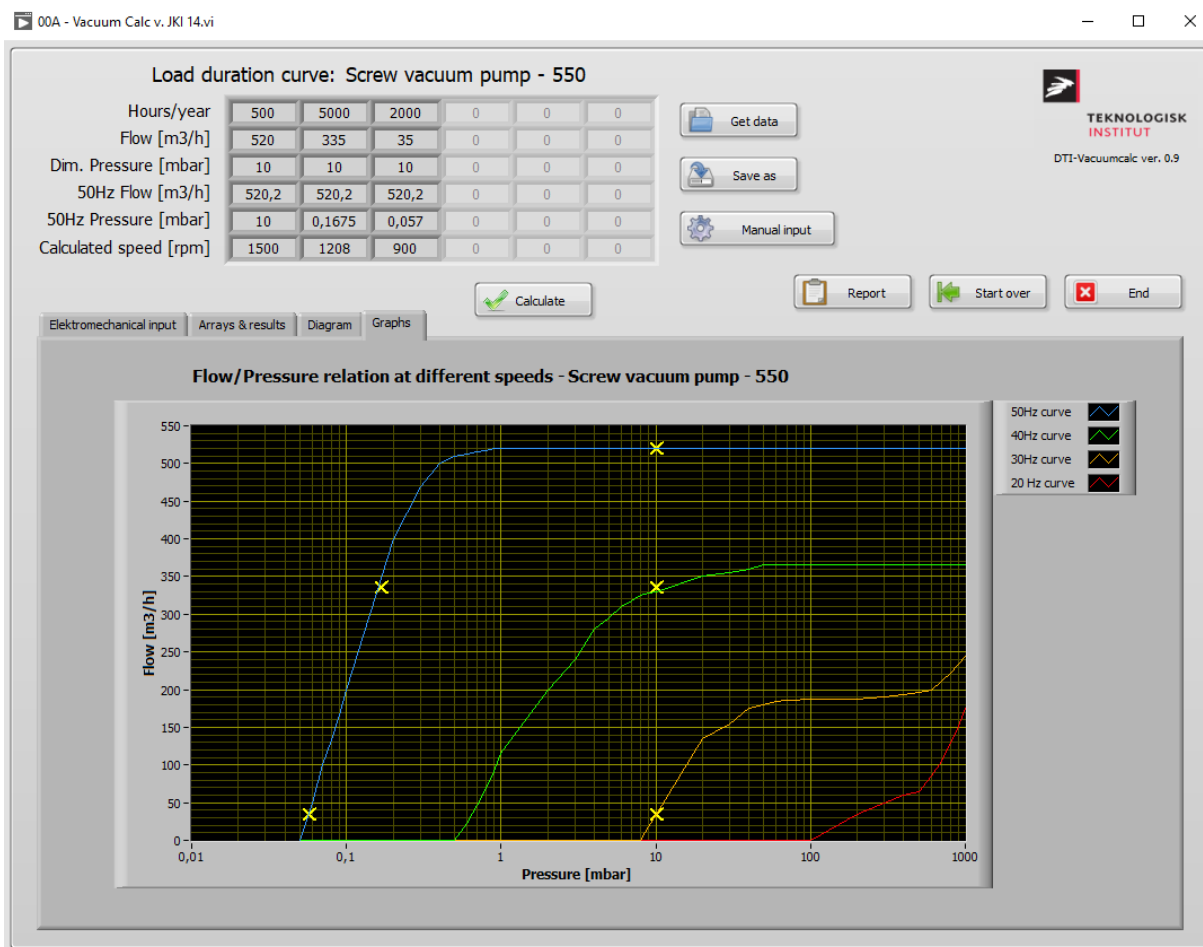
Figur 3.5. Beregninger af elforbrug ved de forskellige reguleringsformer

Når man klikker på "Diagram" vises elforbrug ved de forskellige reguleringsformer i et søjlediagram.



Figur 3.6 Værktøj til behovsoptimering af vakuum- og overtrykssystemer

Når man klikker på "Graph" vises driftspunkter ved de forskellige reguleringsformer.



Figur 3.7. Driftspunkter ved de forskellige reguleringsformer

4 Eksempel

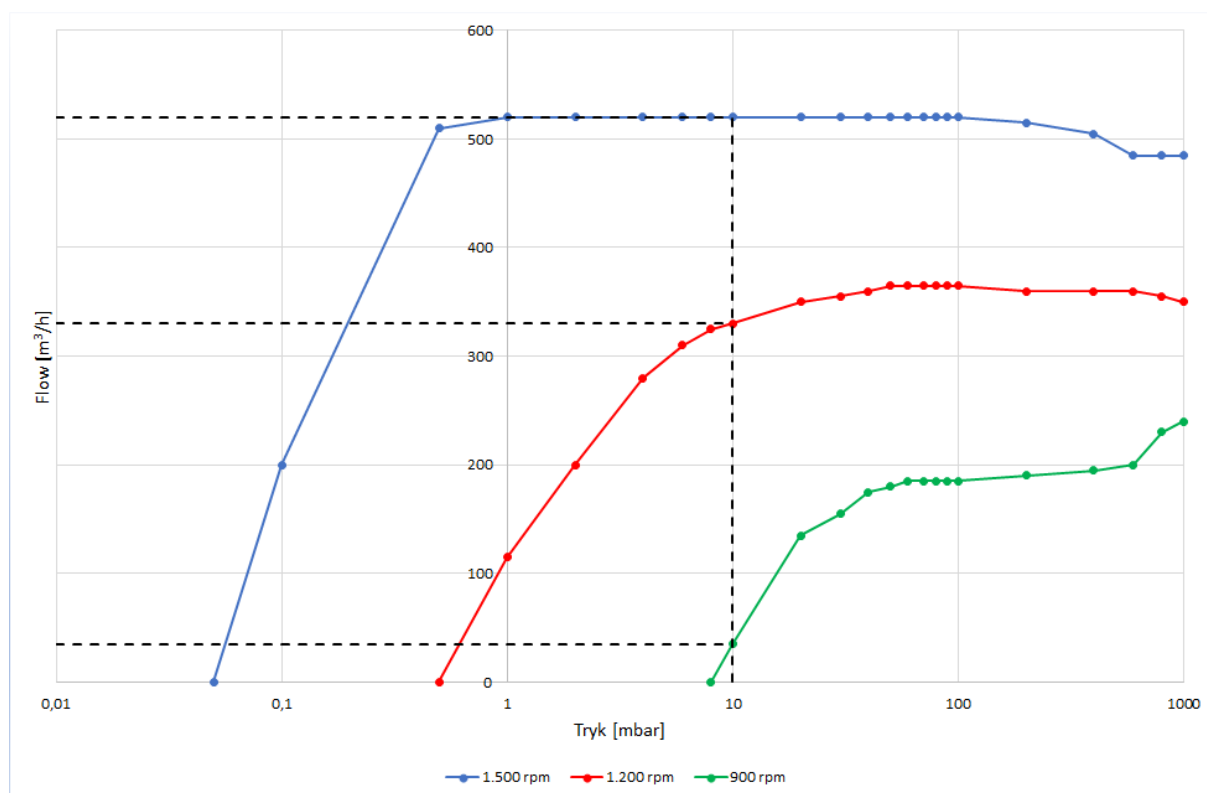
De to helt afgørende faktorer for energiforbruget i et vakuum- eller overtryksanlæg er det tryk og flow, som anlægget skal præsentere. Derfor findes energibesparelspotentialet for vakuum- eller overtryksanlæg i at optimere (tilpasse) anlæggenes tryk- og flowforhold til de aktuelle, faktiske behov, - uanset om der er tale om eksisterende eller nye anlæg.

Som oftest ønskes det at trykket i et vakuumsystem er konstant. Der anvendes sjældent forskellige tryk i det samme system. Luftmængden vil derimod variere og det kan ske ved forskellige reguleringsformer som beskrives nedenfor.

4.1 Pumperegulering

I figur 4.1 ses kurver for en skruevakuumpumpe ved forskellige omdrejningstal. Som det ses, kan pumpen yde maks. 520 m³/h ved 1.500 omdr., mens den kan yde maks. 235 m³/h ved 900 omdr.

Pumpen vil som det ses yde forskellige flow ved et tryk på 10 mbar og ved forskellige omdrejningstal.



Figur 4.1 Kurver (flow og tryk) for en skruevakuumpumpe ved forskellige omdrejningstal

Ved "Falsk luft" styring hvor pumpen er nettilsluttet vil pumpen altid ligge i det samme driftspunkt (520 m³/h og 10 mbar).

Ved drøvleregulering hvor pumpen ligeledes er nettilsluttet vil pumpen ligge i forskellige driftspunkter på den blå kurve. Foruden driftspunkt (520 m³/h og 10 mbar) kunne det være (335 m³/h og 0,17 mbar) og (35 m³/h og 0,06 mbar) som vist på figur 4.1 med de stiplede linjer.

Ved omdrejningstalregulering vil pumpen ligge i forskellige driftspunkter på den røde og grønne kurve. Foruden driftspunkt (520 m³/h og 10 mbar) vil det være (335 m³/h og 10 mbar) og (35 m m³/h og 10 mbar) som vist på figur 4.1.

I figur 4.2 ses akseffekter for skruevakuumpumpen ved forskellige omdrejningstal.

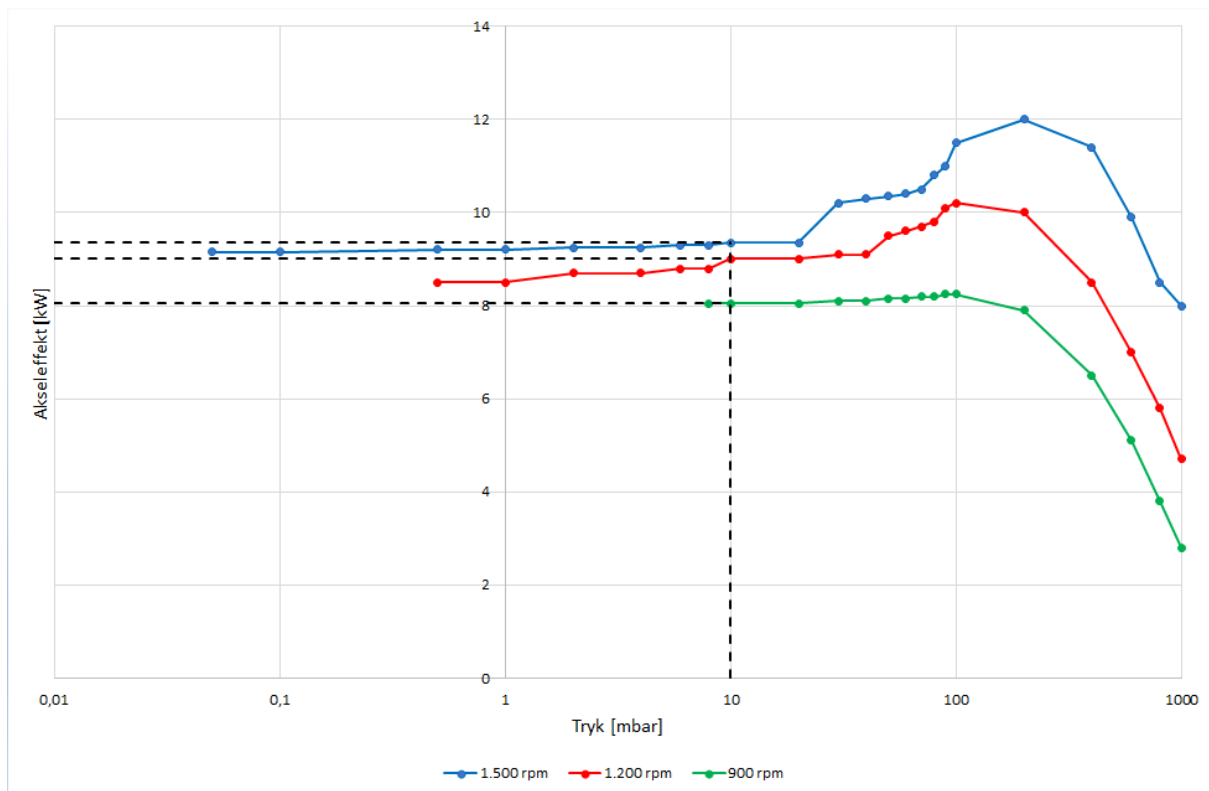
Ved "Falsk luft" styring vil pumpen altid ligge i dette sammen driftspunkt akseffekten vil være ca. 9,5 kW.

Ved drøvleregulering vil pumpen ligge i forskellige driftspunkter på den blå kurve. Foruden driftspunktet ved 10 mbar vil det være ved 0,17 mbar og 0,06 mbar som vist på figur 4.2.

Akseffekten vil være ca. 9,0 kW.

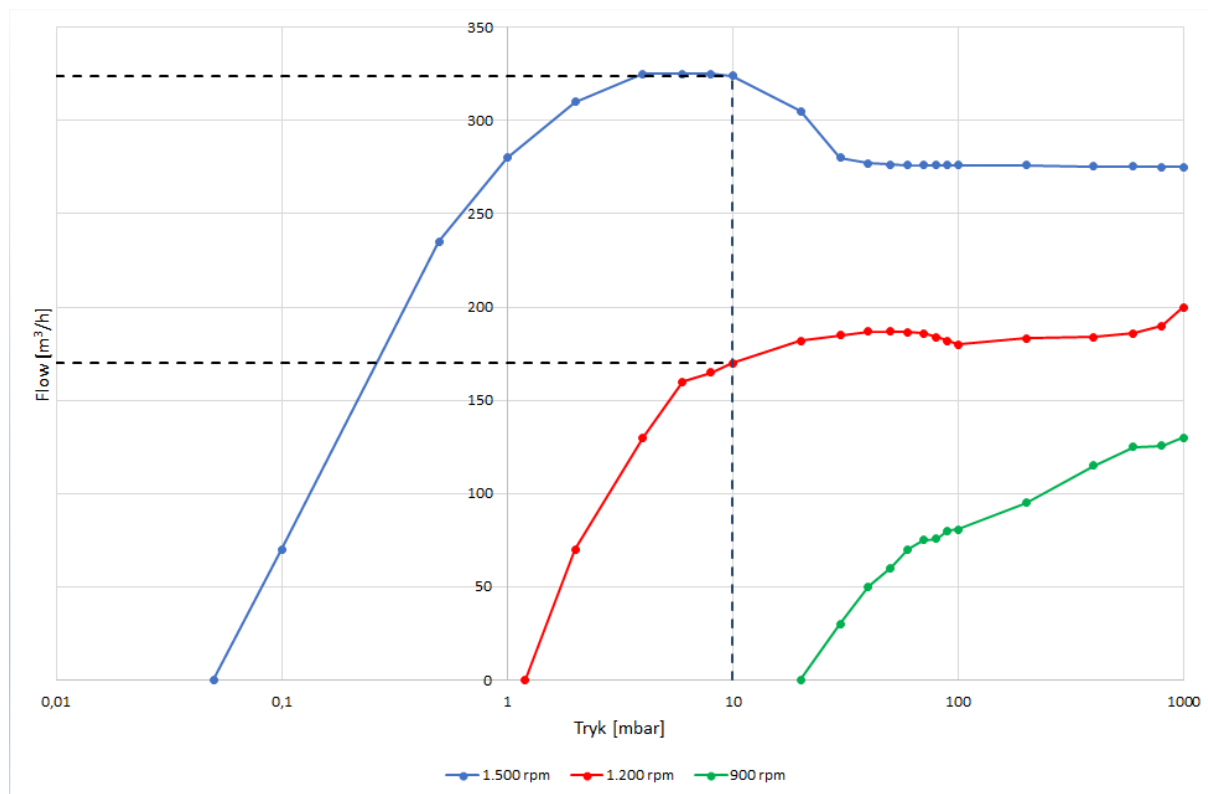
Ved omdrejningstalregulering vil pumpen ligge i forskellige driftspunkter på den røde og grønne kurve.

Akseffekten vil være ca. 8,7 kW (rød kurve) og ca. 8,0 kW (grøn kurve).



Figur 4.2 Akseffekter for en skruevakuumpumpe ved forskellige omdrejningstal

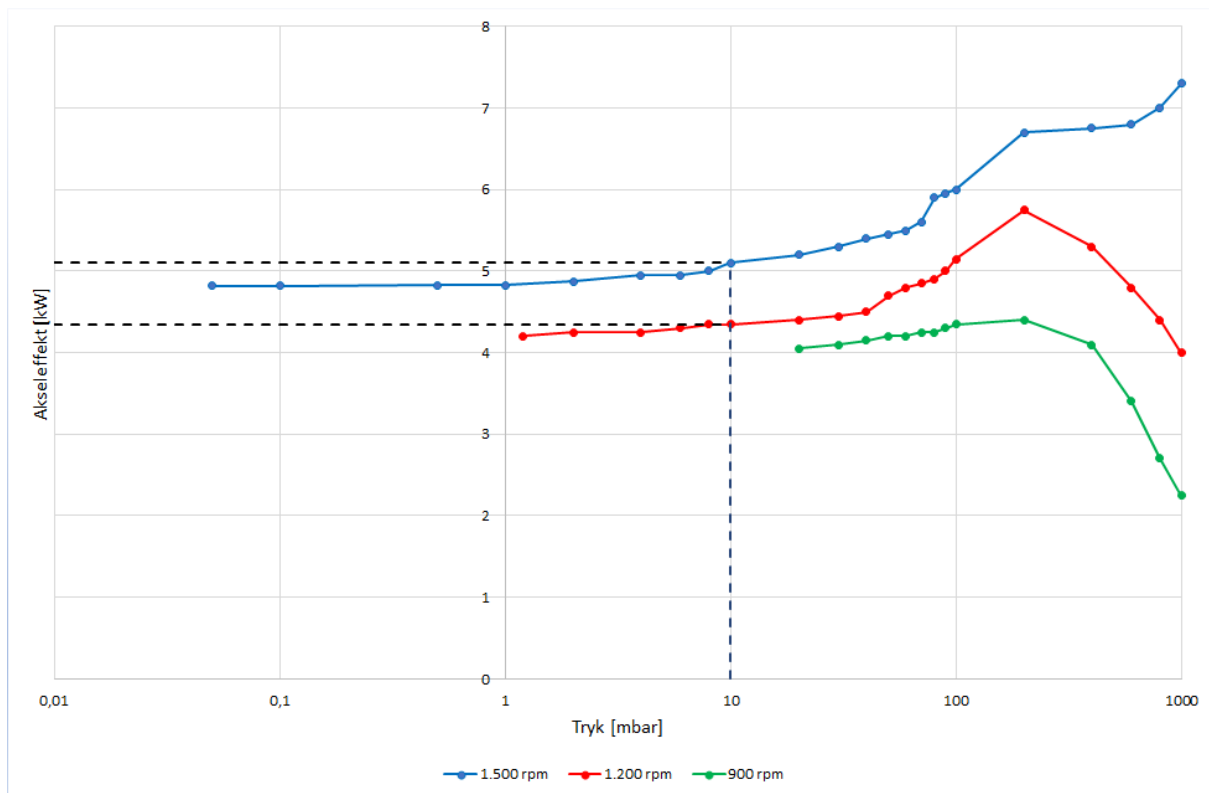
Det vil også være muligt at parallelkoble to mindre pumper. De to pumper vil hver skulle yde 260 m³/h ved 10 mbar.



Figur 4.3. Kurver (flow og tryk) for en skruvakuumpumpe ved forskellige omdrejningstal

I figur 4.4 ses, at akseleffekten for hver pumpe vil være ca. 4,5 kW. Til sammen er det 9,0 kW, hvilket er 0,5 kW lavere end hvis der benyttes en stor pumpe.

Det er som det ses ikke en stor forskel, men det kunne være værd at overveje denne løsning.



Figur 4.4 Akseleffekter for en skruevakuumpumpe ved forskellige omdrejningstal

Pumpemodeller

Værktøjet indeholder blandt andet modeller for virkningsgrader for forskellige typer vakuum-pumper i forskellige størrelser. Det drejer sig om pumpetyperne:

- Skruevakuumpumpe
- Vandringspumpe
- Klovakuumpumpe
- Lamelvakuumpumpe
- Kapselblæser

Modellerne er udarbejdet ud fra samhørende værdier for tryk, flow, omdrejningstal og akseleffekter. Modellerne ser således ud for alle pumperne:

$$P_{aksel} = (k_1 \cdot p_1) + (k_2 \cdot q_v) + \left(k_3 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1} \right) + (k_4 \cdot n)$$

hvor:

- P_{aksel} er akseleffekten [kW]
- p_1 er trykket på vakuumpumpens lavtryksside [bar]
- p_2 er trykket på vakuumpumpens højtryksside [bar]
- q_v er pumpens flow [m^3/h]

- n er pumpens omdrejningstal [rpm]
- k er konstanter