	Dokumenttyp <b>TEKNISK ANVISNING</b>		Dokumentnummer LKT 1520.640.001		Sida 1	Av 9
	Utfärdad av Lennart Skogfält		Ersätter LKS 050.01	Ersatt av	Revision 03	Datum 2018-08-29
Godkänd av Per-Erik Jönsson		Titel Projekteringsanvisning		Språk sv	Teknikområde VVS	
Status Godkänd		Undertitel Pumpar och pumpsystem		Anläggningsmärkning/ Objekt		

Beroende till/från annat dokument	Ersatt av
	Leverantör
Arbetsprocess Projektering, drift-och underhåll, inköp	Leverantörens dokumentnummer
Nyckelord Anvisning, instruktion	Leverantörens referensbeteckning

## Dokumenthistorik

Revision	Datum	Signatur	Kommentar
01	2006-03-28	MLPRJO	Anvisning godkänd
02	2013-05-06	KLKEHU	Ny logotyp
03	2018-08-29	MLJOER	Uppdaterat referenser, punktlistor.
04			

## Senaste revision

Senaste revision av denna anvisning kan rekvireras från e-post: [tekadm.krn@lkab.com](mailto:tekadm.krn@lkab.com)

## Innehållsförteckning

REFERENSER .....	1
BAKGRUND OCH SYFTE .....	1
LKAB:S KRAV, TILLÄMPNING OCH TOLKNING.....	2
KÖPARENS UPPGIFTER .....	2
LEVERANTÖRENS UPPGIFT .....	2
FUNDAMENTPLATTA.....	4
FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG.....	4
BILAGA 1 VERKNINGSGRAD FÖR PUMP OCH PUMPSYSTEM .....	5


## Referenser

- Krav på pumpar, energimyndigheten (2006).
- SS ISO 2768–1, Toleranser - Generella toleranser (1990).
- SS EN 60034–1, Roterande elektriska maskiner. (2010).
- ISO 10816–1, Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts

## Bakgrund och syfte

LKAB har tillsammans med tio andra industriföretag tagit fram anvisningar och standardkrav på utförande och applikation av centrifugalpumpar för industriellt bruk. Syftet med anvisningen är att alla industrier ställer samma krav och påverkar därmed tillverkaren att utforma och applicera pumpar på det sättet industrin önskar för att få hög tillgänglighet.

LKAB strävar efter att följa internationella standarder då så är möjligt och i våra tekniska anvisningar, LKT, preciseras företagets specifika krav och tolkning av standarderna. I anvisningen kommer även företagets erfarenheter till uttryck samt ger information om LKAB:s val av alternativa lösningar i standarder.

	Dokumenttyp <b>TEKNISK ANVISNING</b>		Dokumentnummer LKT 1520.640.001		Sida 2	Av 9
	Utfärdad av Lennart Skogfält	Ersätter LKS 050.01	Ersatt av		Revision 03	Datum 2018-08-29
Godkänd av Per-Erik Jönsson	Titel Projekteringsanvisning		Språk sv	Teknikområde VVS		
Status Godkänd	Undertitel Pumpar och pumpsystem		Anläggningsmärkning/ Objekt			

LKAB kan även ställa krav som är högre än de som ställs i standarder. Genom att följa denna anvisning uppfylls LKAB:s krav.

### LKAB:s krav, tillämpning och tolkning

#### Köparens uppgifter

1. Medium som skall pumpas. Erforderliga uppgifter om mediet såsom sammansättning, partikelinnehåll, temperatur och viskositet.
2. Kapacitetsområde för pumpen samt drifttid (varaktighetskurva).
3. Uppfordringshöjd: statisk höjd och beräknad dynamisk höjd vid nominellt flöde.
4. Statisk sughöjd.
5. Tillgängligt inloppstryck för aktuellt medium och uppställning.
6. Garantipunkt/utläggningspunkt (dvs. nominellt flöde och tryck).
7. Krav på material för pumphjul och övriga delar.
8. Axeltätning. Hänsyn tages till materialkombination-tätning för olika mediatyper.
9. Krav på drivmotor: Helkapslade kortslutna 3-fas asynkronmotorer enligt SS EN 60034-1. Krav beträffande variabelt eller fixt varvtal.
10. Målning. Typ av ytbehandling specificeras.
11. Provtryckning. Angivelse av vilket provtryck som krävs.

#### Leverantörens uppgifter


12. NPSH - värde för aktuell pump, medium och uppställning
13. Krav på redovisning av pumpkurva för aktuellt medium och aktuell temperatur. Uppgifter om pumpverkningsgrader skall ingå.
14. Uppgifter om motorverkningsgrader vid 1/4, 1/2, 3/4 och 1/1 last.
15. Utförande och montage.
16. Röranslutningar. Angivelse av hur rördragningen för inloppet till pumpen skall utföras för undvikande av kavitationsskador. För bättre motståndskraft mot sådana skador kan inloppssidan beläggas med kompositmaterial.
17. Övrigt: Krav på märkplåt med angivelse av lagringstyp, smörjmängd, smörjintervall, kritiska varvtal.

#### I anbud skall leverantören

- redovisa hur det förebyggande underhållet skall genomföras.
- redovisa hur dokumentation av underhållsåtgärder skall göras för att underlätta uppföljning och kontroll.

#### Samt vid strypreglerade drifter även:

- beräkna verkningsgraden för kombination pump och reglerventil
- beräkna medelverkningsgraden under året baserad på varaktighetsdiagram som köparen tillhandahåller. Jämförelse skall göras med de rekommendationer som lämnas i Bilaga 1.

	Dokumenttyp <b>TEKNISK ANVISNING</b>		Dokumentnummer LKT 1520.640.001	Sida 3	Av 9
	Utfärdad av Lennart Skogfält	Ersätter LKS 050.01	Ersatt av	Revision 03	Datum 2018-08-29
Godkänd av Per-Erik Jönsson	Titel Projekteringsanvisning		Språk sv	Teknikområde VVS	
Status Godkänd	Undertitel Pumpar och pumpsystem		Anläggningsmärkning/ Objekt		

- beräkna de energivinster som kan uppnås genom varvtalsreglering. Se Bilaga 1.

### Sammanfattande specifikation av standardkrav

#### *Utförande:*

Lagringen placerad nära pumphjulet.

Enkla ingrepp för att byta pumphjul, motor och lagring.

Förberedd för mätningar av lagertemperatur och vibrationer.

Som underlag för vibrationsbedömningar skall ISO 10816-1 användas med angivande av vibrationsdata och med erforderliga garantier.

Ytfinhet på pumphjul och pumphus Ra max. 2µ. Ytfinheten kan exempelvis åstadkommas genom beläggning med kompositmaterial.

#### *Montagesätt:*


Pump och motor skall båda fixeras i minst 4 punkter till en platta som är robust och där anläggningsytan för pump och motor är planfräst. Möjlighet skall finnas att få plattan utförd i syrafast material (alt. belagd med kompositmaterial). Måttnoggrannhet för håldelning på pump- och motorplattan skall anges. Kraven bör motsvara SS ISO 2768-1. Se figur 1.

Plattan skall ha minst 8 st fästpunkter mot betongfundamentet.

Kraftiga klackar med fingängade justerskruvar skall finnas för att justera motorn i sid- och längdled. Se figur 1.

Uppriktning pump – motor skall göras så att ingen mellanaxel erfordras.

Vid remdrift skall motorn monteras på hydraulisk motorhylla.

	Dokumenttyp	Dokumentnummer		Sida	Av
	<b>TEKNISK ANVISNING</b>	LKT 1520.640.001		4	9
Utfärdad av	Ersätter	Ersatt av	Revision	Datum	
Lennart Skogfält	LKS 050.01		03	2018-08-29	
Godkänd av	Titel		Språk	Teknikområde	
Per-Erik Jönsson	Projekteringsanvisning		sv	VVS	
Status	Undertitel		Anläggningsmärkning/ Objekt		
Godkänd	Pumpar och pumpsystem				

## Fundamentplatta

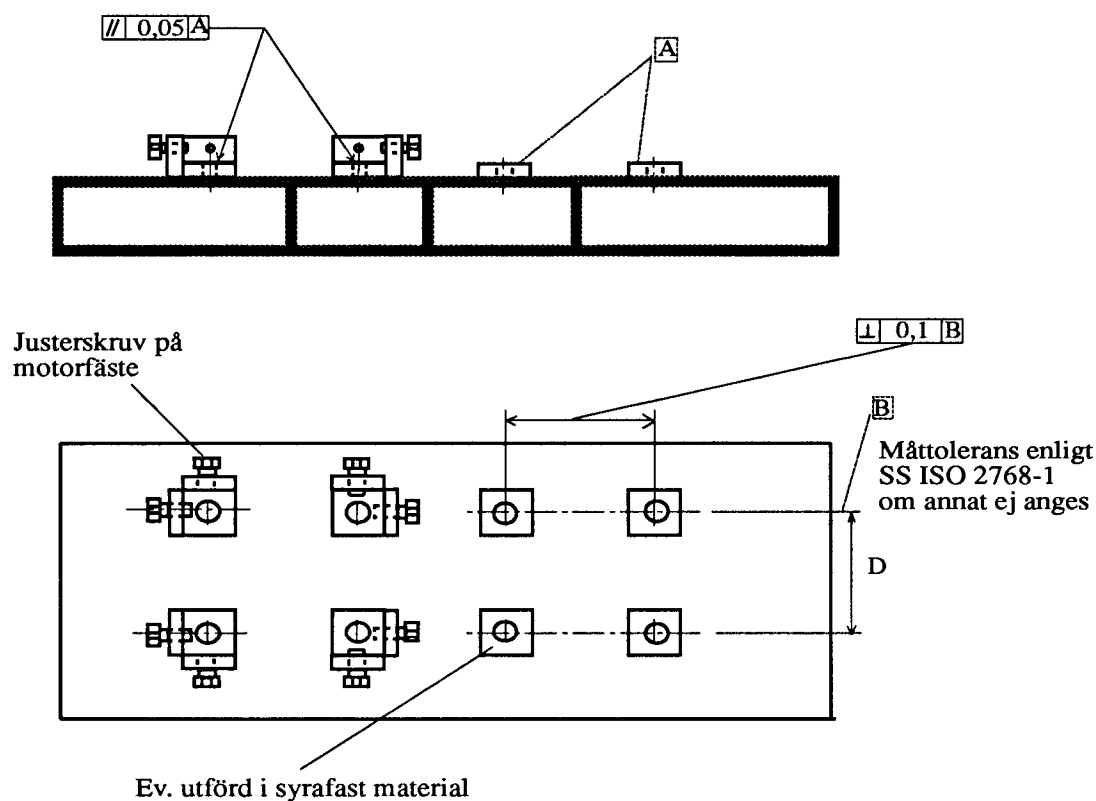



Fig. 1. Fundamentplatta. Principiellt utförande

## Förbättringsförslag

LKAB bedriver ständiga förbättringar i enlighet med LKAB:s kvalitetspolicy (SS-ISO 10006:2003, punkt 8.2 och 5.2.7) och det gäller även anvisningar och instruktioner. Synpunkter och förslag till förbättringar tas tacksamt emot på följande e-postadress: [instructions@lkab.com](mailto:instructions@lkab.com)

 <b>LKAB</b>	Dokumenttyp	Dokumentnummer		Sida	Av
	<b>TEKNISK ANVISNING</b>	LKT 1520.640.001		5	9
Utförd av	Ersätter	Ersatt av		Revision	Datum
Lennart Skogfält	LKS 050.01			03	2018-08-29
Godkänd av	Titel		Språk	Teknikområde	
Per-Erik Jönsson	Projekteringsanvisning		sv	VVS	
Status	Undertitel			Anläggningsmärkning/ Objekt	
Godkänd	Pumpar och pumpsystem				

## Bilaga 1 Verkningsgrad för pump och pumpsystem

Verkningsgraden för en pump beror av pumptypen och utförandet. För konventionella centrifugalpumpar för pumpning av vatten kan man normalt räkna med verkningsgrader i det område som anges i figur 2.

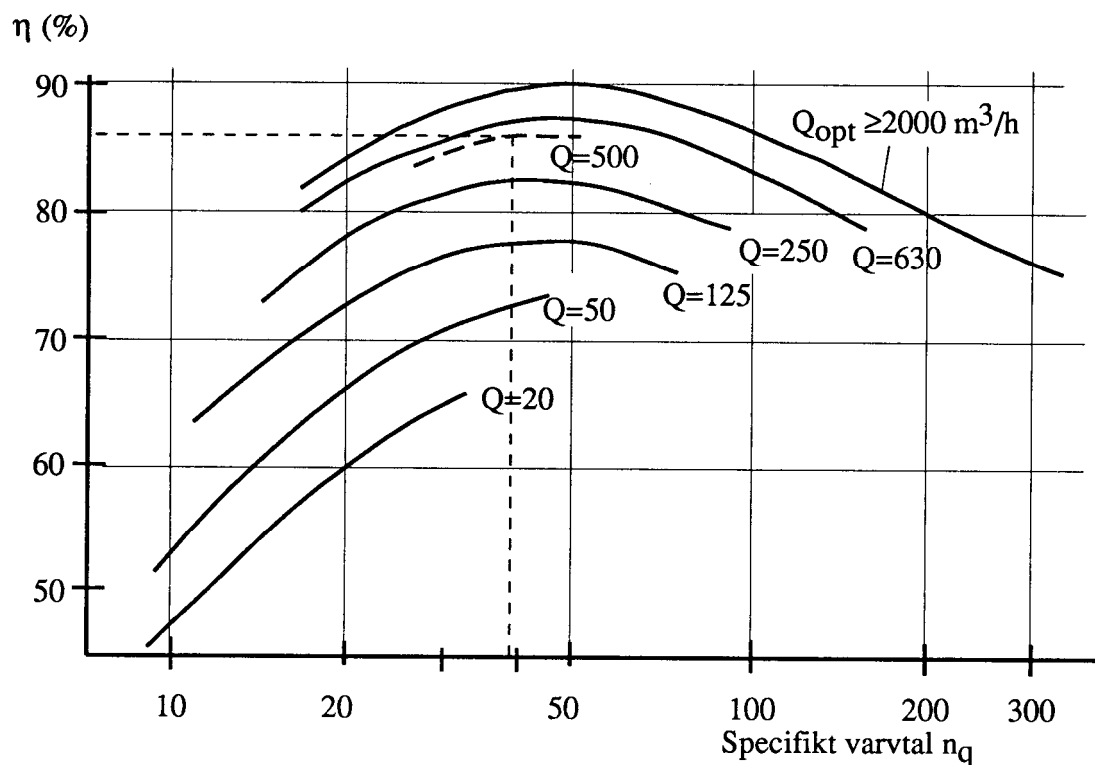


Fig. 2. Verkningsgrad för pumpar som funktion av det specifika varvtalet vid olika flöden.

Det specifika varvtalet  $n_q$  definieras enligt följande:

$$n_q = \frac{n \times \sqrt{Q}}{H^{(3/4)}}$$


där

$n$  = varvtalet i r/min

$Q$  = flödet i  $m^3/s$  vid bästa verkningsgrad

$H$  = tryckhöjden i m vid bästa verkningsgrad

**Exempel 1:** En pump skall anskaffas som arbetar med bästa verkningsgrad vid flödet  $500 m^3/h$  och tryckhöjden 20 m. Pumpvarvtalet är 985 rpm. Med ledning av dessa uppgifter kan det specifika varvtalet beräknas till

	Dokumenttyp	Dokumentnummer		Sida	Av
	<b>TEKNISK ANVISNING</b>	LKT 1520.640.001		6	9
Utfärdad av	Ersätter	Ersatt av		Revision	Datum
Lennart Skogfält	LKS 050.01			03	2018-08-29
Godkänd av	Titel		Språk	Teknikområde	
Per-Erik Jönsson	Projekteringsanvisning		sv	VVS	
Status	Undertitel			Anläggningsmärkning/ Objekt	
Godkänd	Pumpar och pumpsystem				

$$n_q = 985 \times \frac{\sqrt{0.139}}{20^{\left(\frac{3}{4}\right)}} = 39$$

Man går in i diagrammet (figur 2) och finner för  $n_q = 39$  och flödet  $Q = 500\text{m}^3/\text{h}$  att man bör kunna räkna med en pumpverkningsgrad om minst ca 86 %. Med en uttagen motoreffekt för pumpdriften om ca 33kW blir det årliga energibehovet ca 280MWh.

Om den nuvarande pumpen är försliten och har en verkningsgrad om endast 75 % utgör det årliga energibehovet ca 323MWh. Vid energipriset 0,3 kr/kWh skulle installationen av en ny pump således ge en energikostnadsbesparing om 13 000kr/år. Som exemplet visar finns det goda skäl att ställa krav på hög verkningsgrad även för relativt små pumpar.

### Strypreglering

Reglering av volymströmmen i en pump som drivs av en motor med fixt varvtal sker ofta med hjälp av strypventil. Pumpen kan i ett sådant fall arbeta med relativt hög verkningsgrad men förlusterna i strypventilen kan vara betydande. Se figur 3. Verkningsgraden för pumpen inklusive strypventil måste således analyseras om man vill få en uppfattning om effektiviteten i detta system.

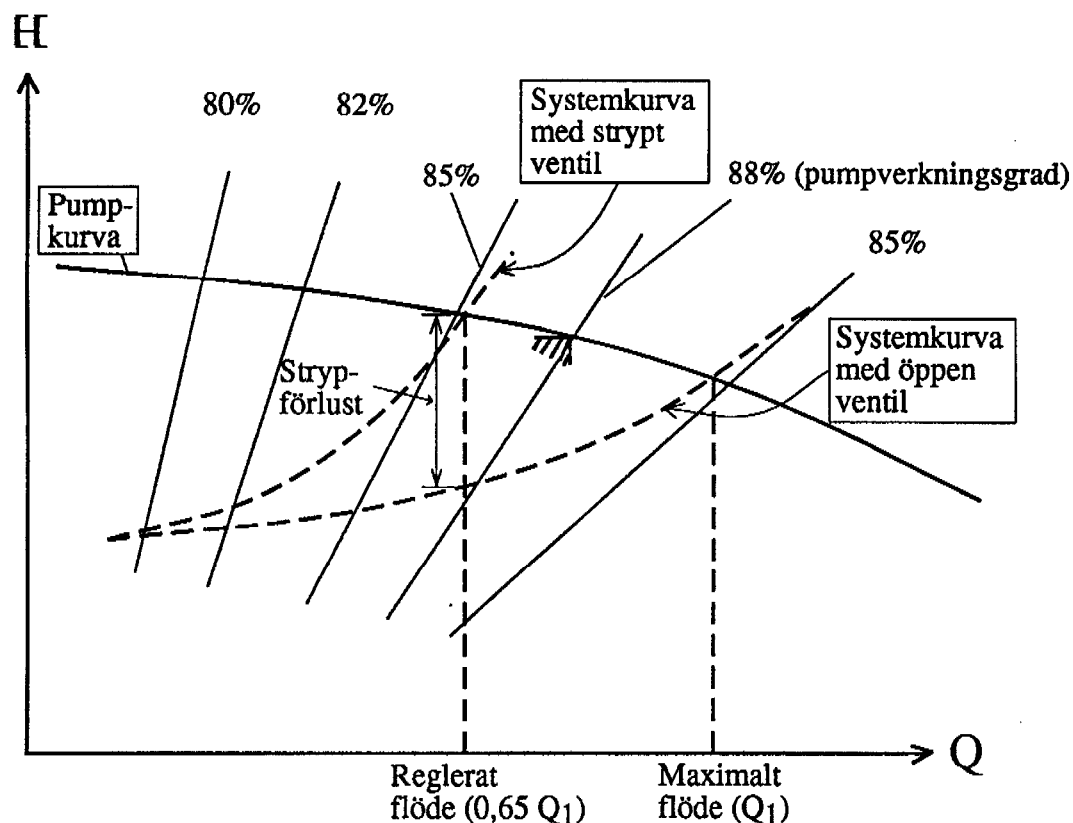



Fig. 3. Pumpkurva och systemkurva vid strypreglering av pump.

Exempel 2: I figur 3 ovan antas pumpen vid maximalt flöde  $Q_1$  arbeta med öppen ventil och med en verkningsgrad omkring 86 %. När flödet regleras till ett lägre värde,  $0,65 Q_1$ , utgör

 <b>LKAB</b>	Dokumenttyp <b>TEKNISK ANVISNING</b>		Dokumentnummer LKT 1520.640.001		Sida 7	Av 9
	Utfärdad av <b>Lennart Skogfält</b>	Ersätter <b>LKS 050.01</b>	Ersatt av		Revision <b>03</b>	Datum <b>2018-08-29</b>
Godkänd av <b>Per-Erik Jönsson</b>	Titel <b>Projekteringsanvisning</b>			Språk <b>sv</b>	Teknikområde <b>VVS</b>	
Status <b>Godkänd</b>	Undertitel <b>Pumpar och pumpsystem</b>			Anläggningsmärkning/ Objekt		

pumpverkningsgraden drygt 85 % men strypförlusten är ca 38 % (= förhållandet mellan tryckförlusten i ventilen och pumpens totala tryck). För att få en uppfattning om systemets effektivitet kan man beräkna de sammanlagda strypförlusterna (i MWh/år) med hänsyn till hur driften varierar under året.

Om man i figur 3 antar att pumpen arbetar vid max-flödet Q1 under 20 % av tiden och vid 0,65 Q1 under 80 % av tiden blir det årliga energibehovet med den pump som Exempel 1 behandlar 56 MWh vid flödet Q1 och 175 MWh vid flödet 0,65 Q1, dvs. sammanlagt 231 MWh/år. Strypförlusterna utgör  $0,38 \times 175 \text{ MWh} = 66 \text{ MWh/år}$  eller 28 % av det totala energibehovet.

Som framgår av exempel 2 kan pumpverkningsgraden vara hög medan systemets verkningsgrad är betydligt lägre. Vid pumpdrifter som karaktäriseras av stora flödesvariationer kan det därför finnas skäl att undersöka olika reglermetoder (strypreglering, varvtalsreglering, on-offreglering, tvåpumpsdrift, ställbara skovlar etc) med avseende på funktion och ekonomi.

Projektering av pumpdrifter bör göras med beaktande av de energiförluster som olika reglermetoder ger upphov till. Köparen av pumpar bör ställa krav på energieffektivitet för det system han anskaffar oberoende av vem som gör projekteringsarbetet.

Kravet på energieffektivitet för systemet pump inklusive strypventil kan förslagsvis ha följande form:

#### Förutsättningar:


Pumpkurva och systemkurva förutsätts vara kända. Det årliga energibehovet W beräknas utgående från en antagen eller uppmätt varaktighetskurva. Hänsyn bör därvid tas till pump- resp. motorverkningsgrader. De sammanlagda årliga strypförlusterna  $\Delta W$  beräknas med hjälp av drifttider för respektive ventilläge.

#### Krav:

Pumpsystemet bör utformas så att strypförlusterna  $\Delta W$  blir så låga som möjligt med hänsyn till de variationer i pumpbehovet som föreligger. Rekommenderade värden på  $\Delta W/W$  vid olika pumpstorlekar framgår av följande tabell.

Erforderlig pumpeffekt kW	$\Delta W/W$ %
5 - 50	< 10
50 - 500	< 5
> 500	< 3

Om ovan rekommenderade värden överskrids bör motiven för valet av systemutformning och reglermetoder redovisas. För pumpsystem där flödesvariationer förekommer är det i de flesta fall motiverat att göra en värdering av lönsamheten av att införa varvtalsvariabel motordrift.

	Dokumenttyp <b>TEKNISK ANVISNING</b>		Dokumentnummer LKT 1520.640.001		Sida 8	Av 9
	Utfärdad av Lennart Skogfält	Ersätter LKS 050.01	Ersatt av		Revision 03	Datum 2018-08-29
Godkänd av Per-Erik Jönsson	Titel Projekteringsanvisning			Språk sv	Teknikområde VVS	
Status Godkänd	Undertitel Pumpar och pumpsystem			Anläggningsmärkning/ Objekt		

### Varvtalsreglering

Vid reglering av varvtalet från  $n_1$  till  $n_2$  gäller att

Flödet

$$Q_2 = \frac{n_2}{n_1} Q_1$$

Uppfordringshöjden

$$H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 H_1$$

Effektbehovet


$$P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 P_1$$

Vid reduktion av varvtalet minskar således effektbehovet med tredje potensen på varvtalet. Driftpunkten flyttas efter systemkurvan på det sätt som figur 4 visar.

Exempel 3: Om flödet såsom antaget i exempel 2 skall reduceras till 65 % av det nominella flödet under 80 % av årets timmar kan detta ske genom att varvtalet reduceras till 65 % av det nominella. Detta betyder att effektbehovet vid det lägre varvtalet är ca 27 % av behovet vid fullt flöde. Jämfört med fallets strypreglering i exempel 2 sjunker energibehovet under året från 231 MWh till ca 117 MWh, dvs. med 50 %. Vid energipriset 0,3 kr/kWh blir värdet av den årliga energibesparingen genom varvtalsreglering 34 000 kr. Anskaffningen av frekvensomriktare för motordriften är i ett fall som detta sannolikt motiverat.

Som framgår av exemplet ovan finns det i många fall goda skäl att beräkna lönsamheten för att införa varvtalsreglering.



 <b>TEKNISK ANVISNING</b>	Dokumenttyp	Dokumentnummer		Sida	Av
		LKT 1520.640.001		9	9
Utfärdad av	Ersätter	Ersatt av	Revision	Datum	
Lennart Skogfält	LKS 050.01		03	2018-08-29	
Godkänd av	Titel		Språk	Teknikområde	
Per-Erik Jönsson	Projekteringsanvisning		sv	VVS	
Status	Undertitel		Anläggningsmärkning/ Objekt		
Godkänd	Pumpar och pumpsystem				

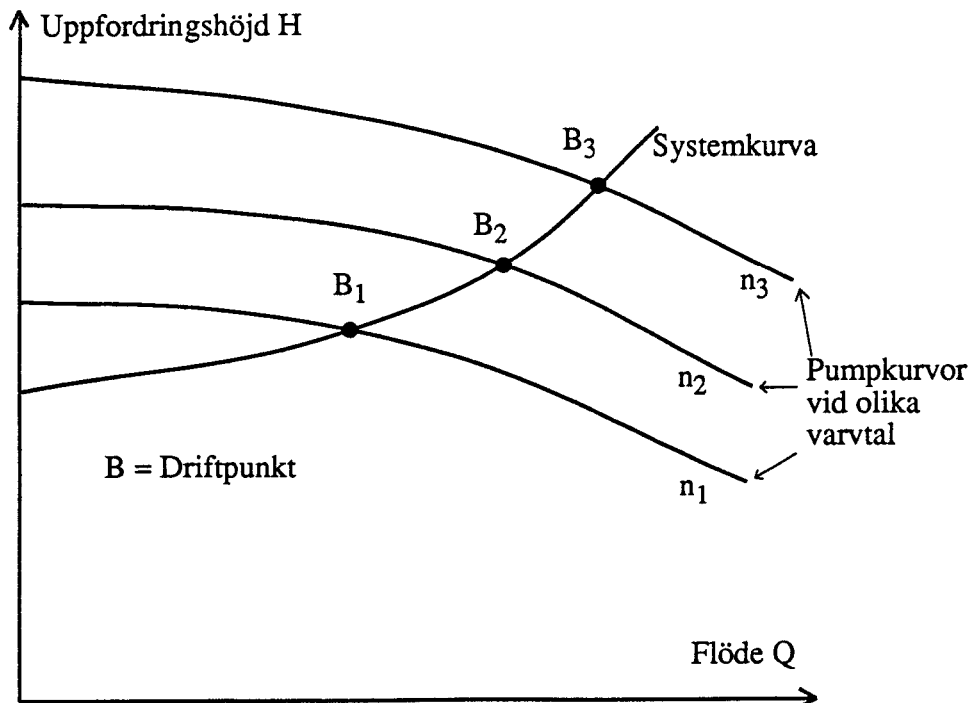


Fig. 4. Driftpunktens förändring vid varvtalsreglering

**Anm.** Om det system man räknar på har ett högt statiskt tryck (eller mottryck) måste man vid beräkning av energiförlusterna även beakta eventuella förändringar i pumpverkningsgraden vid stora flödesvariationer.