

# Ontwerpcriteria van een centrifugaalpomp

**Centrifugaalpomp**en zijn er in vele varianten. **Smalle waaier met kleine inlaat. Brede waaier met grote inlaat. Veel of juist weinig schoepen met elk een typische geometrie. Wat bepaalt zoal de keuze?**

**Afbeelding 1** toont een aantal basisformules van toepassing op de druk-versus debietkarakteristiek zoals weergegeven in **afbeelding 2**. De druk  $\Delta P = P_{\text{pers}} - P_{\text{zuig}}$  wordt bepaald door omtreksnelheid  $u$  [m/s] en de vloeistofdichtheid  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]. En een dimensieloze drukcoëfficiënt  $\Psi$  [-] (psi) waarin de typische schoepgeometrie is verdisconteerd. Het debiet  $Q$  wordt bepaald door de buitendiameter  $D$  [m], de omtreksnelheid

$u$  [m/s] en een dimensieloze debietcoëfficiënt  $\phi$  [-] (phi).

## Basiskennis pomphydraulica

Voor elk werkpunt op de druk-versus debietkarakteristiek geldt een bepaalde R-factor die uitsluitend wordt bepaald door de buitendiameter  $D$  (tot de vierde macht, zie afb. 1 en afb. 2). Hieruit kan een eerste ontwerpcriterium worden afgeleid. Is voor een bepaald type pomp, vrijwel ongeacht

bouwgrootte, een relatief hoge druk versus laag debiet gewenst, dan wordt de pompwaaier gekenmerkt door een kleine diameter  $D$ . Een pomp met relatief hoog debiet versus lage druk wordt gekenmerkt door een grote waaierdiameter  $D$ . Dit ontwerpcriterium is onafhankelijk van omtreksnelheid, dus toerental!

Om voldoende druk op te bouwen, zal een 'hogedrukpomp' worden aangedreven door een hoog-toerental elektromotor. Doorgaans een zogenaamde tweepolige '3000 rpm' elektromotor. De pompwaaier heeft veel schoepen teneinde coëfficiënt  $\Psi$  zo hoog mogelijk te maken. Een meertrapsuitvoering verhoogt de druk nog verder.

Een 'lagedrukpomp' daarentegen moet het hebben van grote afmetingen en zal worden aangedreven door een laag-toerental elektromotor. Bijvoorbeeld een zogenaamde achtpolige '750 rpm' elektromotor. Of een met nog hoger pooltal respectievelijk lager toerental.

Poldergemalen kennen een relatief groot debiet versus lage opvoerhoogteverhouding waardoor soms voor een axiaal type of axiaal/centrifugaal type waaier wordt gekozen. Zo'n waaier heeft een of twee schoepen teneinde een grote 'kogeldiameter'-doorlaat te realiseren. Dit reduceert de kans op verstopping en het maakt de pomp visvriendelijk.

## De BEP parabool

De bovengenoemde R factor is in geometrische zin niets anders dan een kwadratische kromme ('parabool'). Met andere woorden de stromingsweerstandlijn van een lange leiding



Parallel-redundantbedrijf.



Drukverschil Ppers – Pzuig:  
 $\Delta P = \Psi * \rho / 2 * u^2 \text{ [N/m}^2\text{]}$

Debiet:  
 $Q = \phi * \pi / 4 * (b/D) * D^2 * u \text{ [m}^3\text{/s]}$

R factor:  
 $\Delta P / Q^2 = \text{constante} * 1/D^4$

$\Psi$ [-]	: dimensieloze druk constante
$\phi$ [-]	: dimensieloze debiet constante
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	: soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]
D [m]	: buitendiameter pompwaaier
b [m]	: breedte pompwaaier bij D
u [m/s]	: omtreksnelheid pompwaaier

Afb. 1: Basiskennis pomphydraulica.

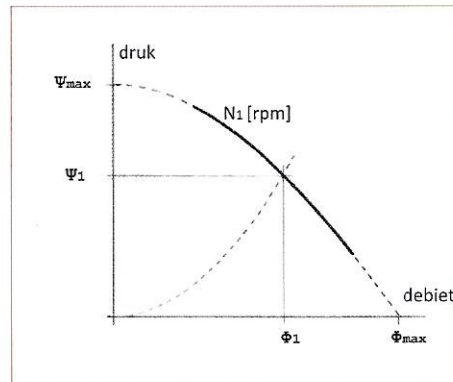
zonder manometrische opvoerhoogte (afb. 2). Worden de rendementscurven ingetekend in de druk- versus volumekarakteristieken bij verschillende toerentallen dan wordt een ander ontwerpkenmerk zichtbaar, zie **afbeelding 3**. Het maximum rendement voor verschillende toerentallen ligt bij veel typen centrifugaalpomp bij benadering op een kwadratische kromme, de zogenaamde BEP parabool (Best Efficiency Points). Ingeval de stromingsweerstand een lange leiding is zal het (top)rendement gehandhaafd blijven bij elk toerental indien de stromingsweerstandlijn samenvalt met de BEP parabool. Dit maakt het duo pomp + frequentieomzetter (FO) een sterke, energiebesparende combinatie bij lange leidingtoepassing.

## 'Mol maint't niet meer'

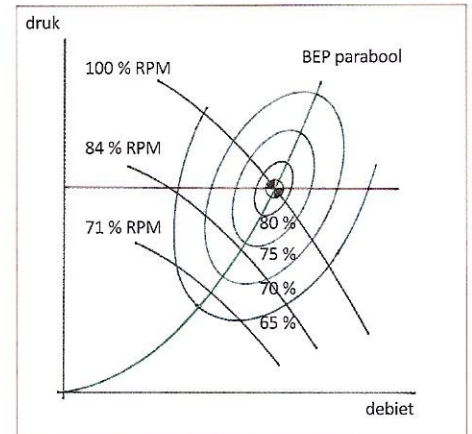
(Zie kader)

### Met of zonder FO

Maar niet elke systeemweerstand is een lange leiding. Vaak is de leiding kort en een (constante) manometrische opvoerhoogte dominant. Bij verlaagd toerental verslechtert het pomp rendement snel (werkpunten op 'rode lijn' in afb. 3). De pomp – FO combinatie is niet als vanzelfsprekend energie-efficiënt. Wellicht kan



Afb. 2: Druk- versus debietkarakteristiek.



Afb. 3: De BEP parabool.

een parallelschakeling van twee of drie kleiner-vermogen pompen met constant toerental, dus direct op het net, zónder FO, efficiënter blijken dan een enkele grote pomp mét FO. Zo'n parallel-redundant bedrijf is bovendien bedrijfszekerder. Immers bij storing of revisie kan het pompstation grotendeels in bedrijf blijven. En een FO die er niet inzit, kan ook niet falen. Meestal is een systeemweerstand een combinatie van constante, manometrische druk en stromingsweerstand van de leiding. Per geval dient dan afgewogen te worden of een FO efficiënt is.

### Trillinganalyse

Een hogedrukpomp is doorgaans gevoeliger voor trillingen. Door het hoge toerental kunnen onbalansfrequentie of schoeppasseerfrequentie gemakkelijk samenvallen met een resonantiefrequentie van de motorpompstelling, van het leidingwerk of van het kritisch toerental van een (overhangende) pompwaaier. Uiteraard des te gevoeliger bij groot toerentalbereik zoals bij FO-toepassingen. Door resonantietrillingen ontstaat er vroegtijdig schade aan lagering, afdichting, boutverbinding, kabelschoen, enzovoorts. Vaak is met deze componenten niks mis maar te lang bedrijf nabij resonantietoerental is funest. Vervangen door een ander type of fabricaat biedt veelal geen soelaas.

Een lagedrukpomp en elektromotor vormen met hun grote diameter een robuuste en trillingvrije opstelling. Echter bij deze pompen kan de drukpulsatie-energie, vooral bij een werkpunt ruim buiten het BEP, torsietrillingen veroorzaken indien de FO-frequentieregeling onvoldoende demping inbrengt in de aandrijfketen. De innige interactie tussen hydraulische, mechanische en elektrische kenmerken kan een hoofdpijndossier zijn voor een projectengineer maar maakt het pompenvak interessant voor de techneut. ●

### Over de auteur

Arie Mol is zelfstandig adviseur, gespecialiseerd in trillinganalyse en elektromechanische aandrijftechniek. In de rubriek 'Mol maint't' worden onderhoudsgerelateerde en aanverwante eigenaardigheden bij pompaandrijvingen belicht. Hij schrijft al sinds 2007 voor Pomp NL. Alle artikelen zijn na te lezen op website: [www.ariemol.nl](http://www.ariemol.nl)

Maar zoals misschien al bekend in het pompenwereldje ging hij vorig jaar op zijn 70<sup>ste</sup> met pensioen. 'Wie afscheid genomen heeft van het vak, moet zich er ook niet meer mee bemoeien. Het is aan anderen de kennisoverdrachtshandschoen op te pakken.' Na zo'n zeventig afleveringen komt er dan ook een eind aan de rubriek *Mol maint't*. In het volgende Pomp NL nummer 6 2023 zal het laatste artikel van Mols hand verschijnen. Alle artikelen blijven gratis downloadbaar vanaf de website van de auteur.