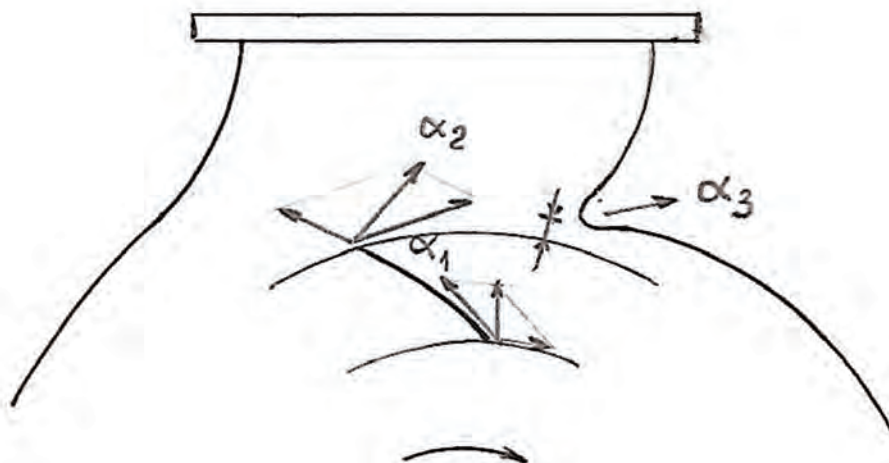


De Wet van Behoud van Ellende (1)

Ontwerpers van pompen en pompsystemen streven naar optimaal presterende installaties. Maximale bedrijfszekerheid, beschikbaarheid en operationele prestaties bij minimale kosten over de gehele levensduur en een minimaal energieverbruik. Doorgaans vereist dit het sluiten van zorgvuldig afgewogen compromissen. Dat lukt meestal. Maar het gaat wel eens mis. Links een gewenst voordeel realiseren maar rechts een nadeel over het hoofd zien: de Wet van Behoud van Ellende (WvBvE). In dit artikel twee voorbeelden, energie (in-)efficiëntie en een trillingsprobleem.

Een hoog rendement van een centrifugaalpomp is een fraai voordeel maar kent ook potentiële, operationele nadelen. Bij een centrifugaalpomp is de energieomzetting maximaal wanneer vloeistof relatief de waaier instroomt onder hoek α_1 , de waaier

absoluut uitstroomt onder hoek α_2 en het slakkenhuis instroomt onder absolute hoek α_3 (**afbeelding 1**). Geometrie van schoep en slakkenhuis zijn dan optimaal op elkaar afgestemd. Bij een gegeven toerental is dit het druk-volumewerkpunt met maximaal



Afbeelding 1: Optimale in- en uitstroming.

rendement oftewel het 'best efficiency point' (BEP). In deze situatie is de statische druk over de gehele omtrek van de waaier gelijk. De waaier 'ziet' het slakkenhuis niet.

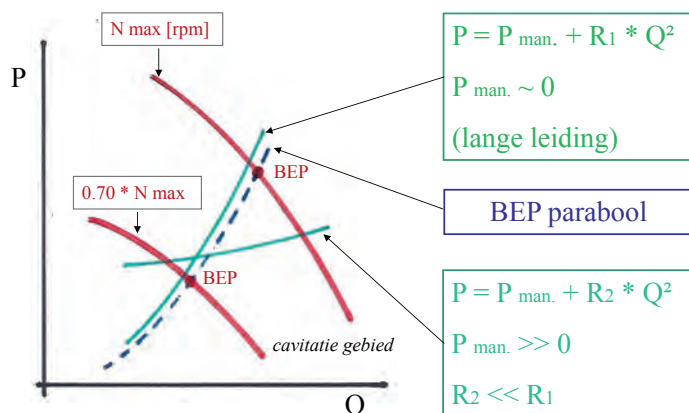
Optimale stroming

Bij een afwijkend werkpunt, hogere druk, lager volume dus 'linksboven' in druk-volumecurve of andersom, 'rechtsonder', is de stroming door waaier en slakkenhuis niet meer optimaal. Er ontstaan extra drukverliezen in waaier en slakkenhuis en het rendement daalt. De statische druk is over de omtrek van de waaier niet meer gelijk. De waaier 'ziet' nu het slakkenhuis deels als obstructie en er ontstaan drukpulsaties in de stroming in het ritme van toerental frequentie x aantal schoepen ('schoeppasseerfrequentie [Hz]'). Pomplagering en -afdichting worden extra belast met statische en dynamische, hydraulische krachtwerking.

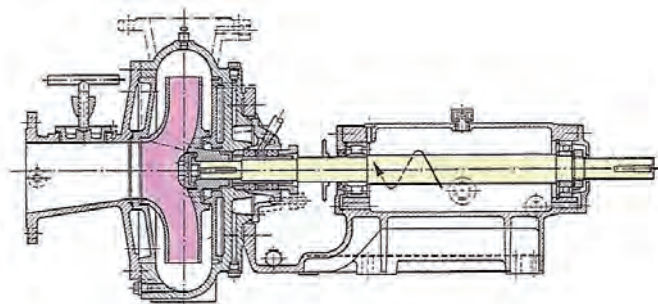
Hoogrendement hausse

Vandaag is hoog rendement een hot item. Een hoog piekrendement kan verkregen worden door de afstand tussen waaieromtrek en slakkenhuisintrede te minimaliseren. Het nadeel is evenwel dat dit streven alleen haalbaar is in het BEP. Daarbuiten keldert het rendement snel en wordt ook de drukpulsatie-energie bij de schoeppasseerfrequentie sterker.

Bij een frequentieomzettertoepassing (FO) met variërend toerental en werkpunt is het nog maar de vraag of per saldo het energieverbruik ook minder wordt. **Afbeelding 2** laat zien dat alleen bij een kwadratische weer-



Afbeelding 2: Best efficiency point beschouwingen.



Afbeelding 3: Overhangende pompwaaier.

standlijn, dat wil zeggen een lange leiding, het rendement hoog kan blijven ongeacht het toerental. Bij een relatief hoge manometrische opvoerhoogte en lage stromingsweerstand van het leidingsysteem verschuift afhankelijk van toerental in relatieve zin het werkpunt over de gehele druk-volumecurve. De WvBvE treedt in werking: een fraai hoog piekrendement maar lage

ligt bij 240 procent van het maximum toerental. Ruimschoots buiten bedrijfstoerentalgebied, dus prima in orde. Echter bij 80 procent uitsturing van de FO-uitgangsfrequentie én drie schoepen in de waaier valt de schoep-passeerfrequentie wel samen met het kritisch toerental van de pomp. Versterkte drukpulsaties veroorzaken resonantiertillingen en kunnen een

talbereik. De vier schoepen geven de waaier een geringere ('kogel') doorlaat en dat is zeker bij rioolwaterpompen ongewenst.

Eén-kanaalwaaierpompen kunnen van nature al hoge drukpulsaties genereren en bij deellast de resonantiefrequentie van onvoldoende ondersteunde persleidingdelen aanstoten.

Energie-efficiëntieverbetering

Een fraai hoog (piek)rendement tezamen met FO-toepassing hoeft nog niet energie-efficiëntie te betekenen. Hoeveel m³ water per kWh verbruik is er jaarlijks uit de polder de boezem ingepompt vóór en ná FO-installatie? Weinig waterschappen die dit weten. Er zijn ook nauwelijks publicaties die een verbeterde energie-efficiëntie aantonen. Genoeg rekenmodellen vooraf, terugkoppeling en validering schieten er vaak bij in. Menig pomp draait buiten het BEP-gebied.

Ook bij hoogrendement e-motoren is de WvBvE van toepassing en is niet alles goud wat er blinkt. Daarover meer in een volgend artikel. ●

Arie Mol is zelfstandig adviseur, gespecialiseerd in trillingsanalyse en elektromechanische aandrijftechniek. In de rubriek 'Mol main't' worden onderhoudsgerelateerde en aanverwante eigenaardigheden bij pomp aandrijvingen belicht. Hij schrijft al sinds 2007 voor Pomp NL. www.ariemol.nl

'Menig pomp draait buiten het BEP-gebied'

deellast-rendementen. Werkpunten 'linksboven' op de druk-volumecurve, dus bij laag toerental, zijn inefficiënt. Hetzelfde geldt voor werkpunten 'rechtsonder', dus bij hoog toerental. Bovendien nadert het werkpunt nu het cavitatiegevoelige gebied.

Bij een toerental anders dan een kenplaattoerental is het BEP bij benadering eenvoudig te vinden door kenplaatdruk en volume om te rekenen volgens de 'BEP-parabool'.

Kritisch-toerentalprobleem

De WvBvE levert nog een tweede potentieel nadeel op: het verhoogde drukpulsatieniveau bij deellast kan ongewenste resonantiertillingen veroorzaken. Stel het kritisch toerental van een overhangende centrifugaalwaaier (**afbeelding 3**)

serieuze bedreiging vormen voor de langere termijn bedrijfszekerheid van de pomplagering en de mechanical-seal-afdichting. Zie hier het verband tussen marketingprioriteit (rendement), hydraulische afweging (aantal schoepen) en een onderhoud-hoofdpijndossier.

Bij inbedrijfstelling is het trillingsniveau alleen gemeten bij maximum en minimum toerental. Bovendien werd het binnen specificatie bevonden. Maar helaas, het meest gebruikte bedrijfstoerental ligt natuurlijk rond de... 80 procent.

Bij een keuze voor vier schoepen wordt de situatie bij 60 procent uitsturing van de FO kritiek. Maar daarbij is de energie-inhoud geringer en waarschijnlijk ligt 60 procent uitsturing buiten het normaal toeren-