



Ontwikkelingen hydraulisch ontwerp persleidingstelsels afvalwater



ROYAL HASKONING

A.H. de Vries

Aspecten technische ontwikkelingen periode 1970 - 2010



1. Beveiliging tegen waterslag (windketels en buffertorens).
2. Ontvangkelders.
3. Structuur persleidingstelsels:
 - tussengemalen of boostergemalen;
 - boomstructuren.
4. Sturing van pompen.
5. Monitoring systemen / toevoegen van intelligentie aan deze systemen.

Beveiliging tegen waterslag

Waarom in 1970 bijna alle persleidingen beveiligd door windketels of buffertorens?

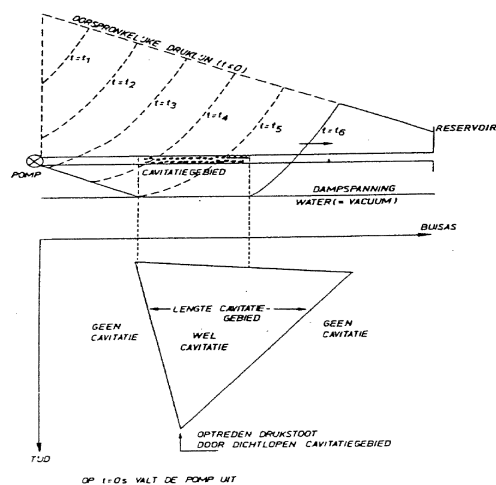
- W & B beveiligen alleen tegen waterslag veroorzaakt door pompmanipulaties
- Afsluitermanipulaties veel gevaarlijker
- Geen schades door pompmanipulaties

Waarom dan wel:

- Rekentechniek waterslag kon niet omgaan met dampbelvorming (cavitatie) bij pomputval.

Pomputval

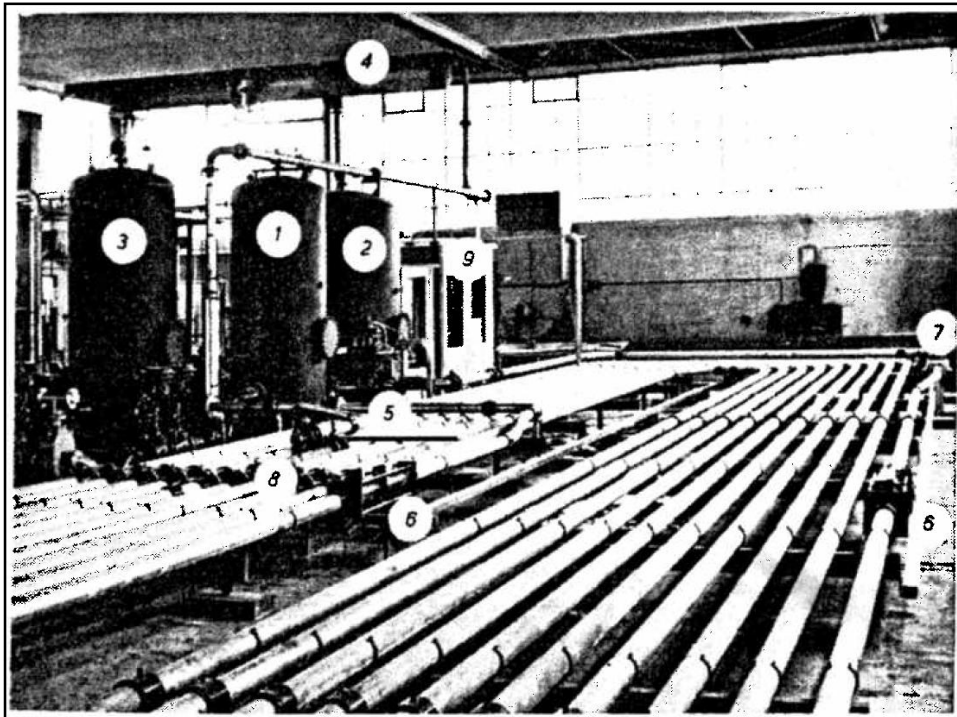
Wat gebeurt er bij pomputval?



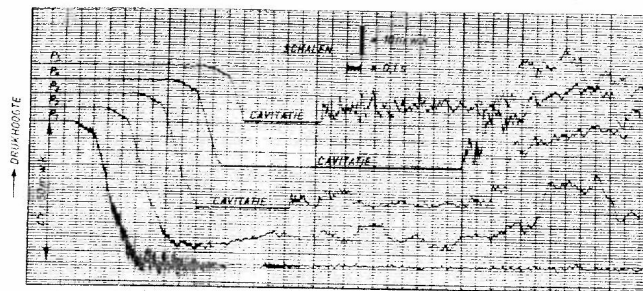
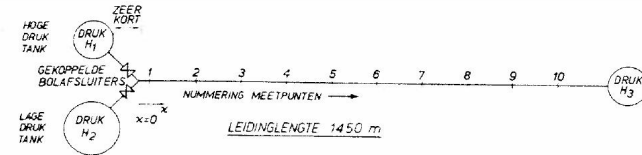
Rekentechnieken waterslag



- Eind jaren 60 hebben WL en TU Delft rekentechnieken ontwikkeld voor waterslag inclusief dampbelvorming.
- Toetsing rekentechniek in 1450 m lange proefleiding door WL.
- Grote series berekeningen uitgevoerd met dimensieloze parameters die het totale toepassingsgebied in Nederland beslaan.
- Toetsing door metingen grote transportleidingen.

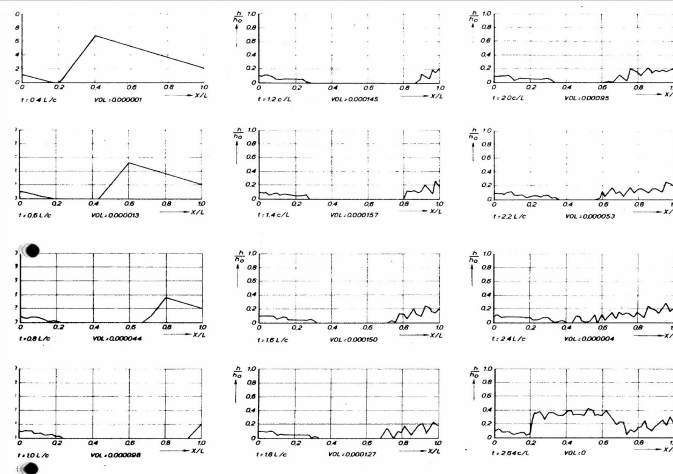


Rekentechnieken Waterslag



DRIUKHOOGTEN IN PROEFLEIDING (METING)

Rekentechnieken Waterslag



$\frac{dP}{dt} = 0.90$; $\frac{dP}{dt} = 0.80$; $\frac{dP}{dt} = 0.25$; $\frac{dP}{dt} = 0.20$; $\frac{dP}{dt} = 0.002$; VOL : TOTAL VOLUME ENTITIES
CONTENT PIPELINE

Conclusie onderzoek



Onder Nederlandse omstandigheden zal pomputval bij RWA over het algemeen dampbelvorming (cavitatie) veroorzaken. De drukstoot bij dichtlopen van deze caviteiten zal geen drukken veroorzaken die (aanzienlijk) hoger zijn dan de maximale initiële druk.

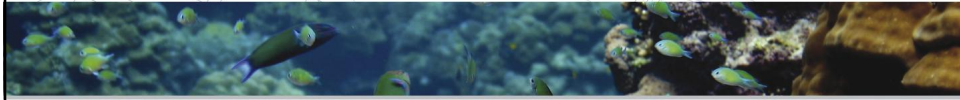
Voorwaarde: na pomputval blijft nalevering via pomp mogelijk; geen afsluiters sluiten.

Gevolgen onderzoek waterslag



- Grote ruw waterleidingen Biesbosch – Berenplaat (27 km Ø 1800 mm) en Andelse Maas – Kennemer duinen uitgevoerd zonder buffertoren of windketel.
- Windketels en buffertorens verdwijnen in Nederlandse omstandigheden (veel wrijving, relatief weinig statische hoogte), mits:
 - nalevering via pomp of bypass mogelijk;
 - leidingen bestand tegen vacuüm.
- Uitzondering rioolwaterpersleidingen.

Waarom rioolwaterpersleidingen nog steeds met W & B?



- Frequent aan/uit bedrijf, frequent cavitatie.
- Vrees voor aantasting wanden! Is deze zorg voor gevolgen frequente (tientallen malen per dag) vrij lichte vorm van cavitatie gerechtvaardigd?
- Door het vrij algemeen worden van toerenregeling pompen wordt cavitatie door waterslag een calamiteit. Bij correcte sturing pompen is waterslag geen reden meer om windketels toe te passen.

Ervaringen met windketels en buffertorens



Bij vele oude ketels werkt regeling luchtvolume niet meer. Geen beveiliging. Ieder zeer tevreden.

W of B hebben ook belangrijke nadelen:

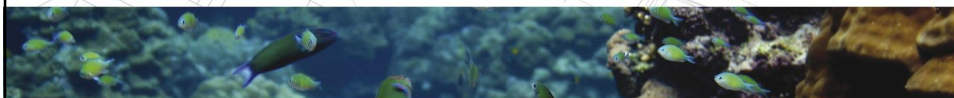
- Bij pompstart draaien niet toerengeregelde geregelde pompen langdurig zonder tegendruk.
- Slaan van terugslagkleppen.
- Oliegeremde kleppen beheersinspanning.
- Door terugstroming uit W of B kunnen potentieel grote schades ontstaan. Deze zijn ook opgetreden.

Beveiliging tegen waterslag



- Royal Haskoning past in Nederlandse situaties alleen bij uitzondering nog windketels of buffertorens toe.
- Persleidingen dienen wel bestand te zijn tegen vacuüm gedurende enkele minuten.
- Sturing toerengeregelde pompen is voldoende beveiliging tegen ontoelaatbare waterslag.

Ontvangkelders



- Ontvangkelders is afzonderlijk onderwerp van voordracht vandaag.
- Onderdeel CAPWAT.
- Laatste decennium veel aandacht voor problematiek luchtinslag in ontvangkelders.

Structuur persleidingstelsels



- Omstreeks 1970 overwegend enkele persleidingen (met zo nu een dan kleine injecties).
- Stelsels werden opgebouwd door van gemaal naar gemaal te pompen.
- Vaak combinatie van eindgemaal rioolstelsel en tussengemaal. Soms ook 100% tussengemalen.

Tussengemalen



- Tussengemaal → geen rioolstelsel op ontvangkelder aangesloten, alleen persleidingen.
- Voor tussengemalen is strikte controle nodig dat aanvoer nooit groter kan worden dan afvoer. Ontvangkelder loopt over.
- Bij ontwerp tussengemalen is vaak tegen deze elementaire ontwerpregel gezondigd.

Tussengemalen

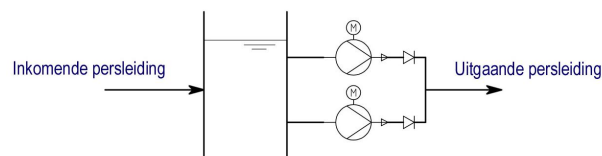


- Toleranties aanvoer en afvoerdebieten vroeger vrij groot (geen regeling op debiet). Debiet beïnvloedt door:
 - actuele k-waarde;
 - slijtage pompen;
 - extra leidingweerstand bijv. door lucht.
- Vroeger stevige overdimensionering afvoer nodig om rekening te houden met deze toleranties.
- Sturing op debiet kan toleranties sterk verkleinen.

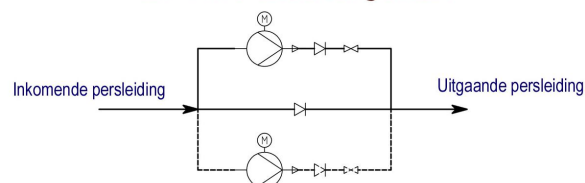
Booster- versus tussengemaal



Conventioneel pompgemaal met
Ontvangkelder



In-line Boostergemaal



Boostergemalen



Boosteren is bekende techniek bij transport vele vloeistoffen. Bij afvalwater begint toepassing pas laatste decennium:

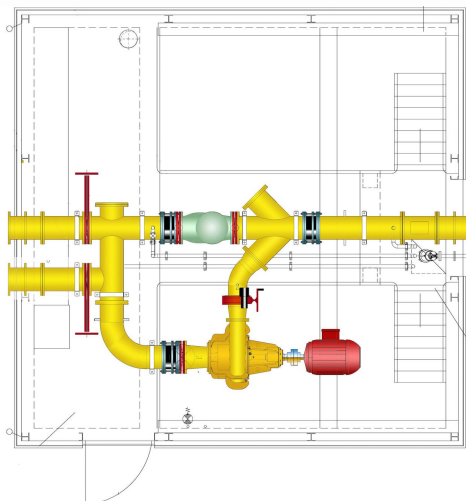
- Hollands Noorderkwartier (boostergemalen met windketel aan zuigzijde);
- tijdelijke booster AHR systeem;
- booster Rhienderen, Waterschap Veluwe;
- boostergemalen systeem Amsterdam;
- booster Hoek van Holland.

Voordelen in-line booster boven tussengemaal



- Aanzienlijk lagere bouwkosten.
- Geen ontvangelder, geen bezinking of aantasting kelder, geen risico overlopen.
- Gering ruimtebeslag.
- Geen risico voor stankoverlast.
- Bij storing van de pomp(en) kan een relatief hoog debiet worden doorgevoerd. Overwegen of reservepomp(en) nodig is.
- Geen noodoverlaat nodig.

Eenvoudig klein boostergemaal (Rhienderen 2004, 1100 m³/h)



Eenvoudig klein boostergemaal (1100 m³/h)

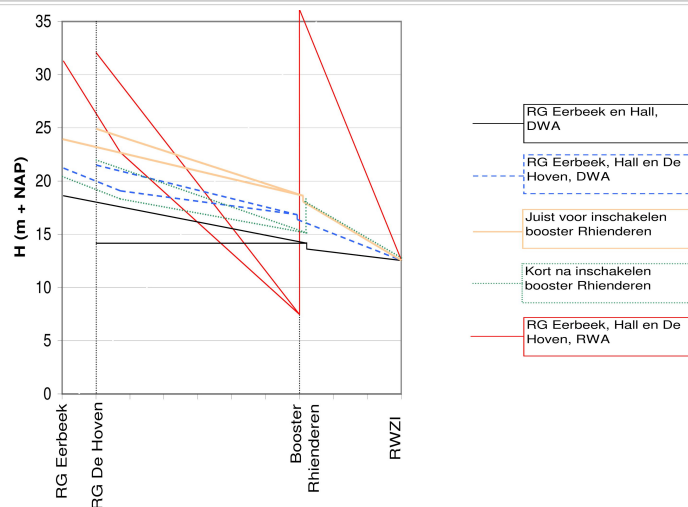


In-line boostergemaal

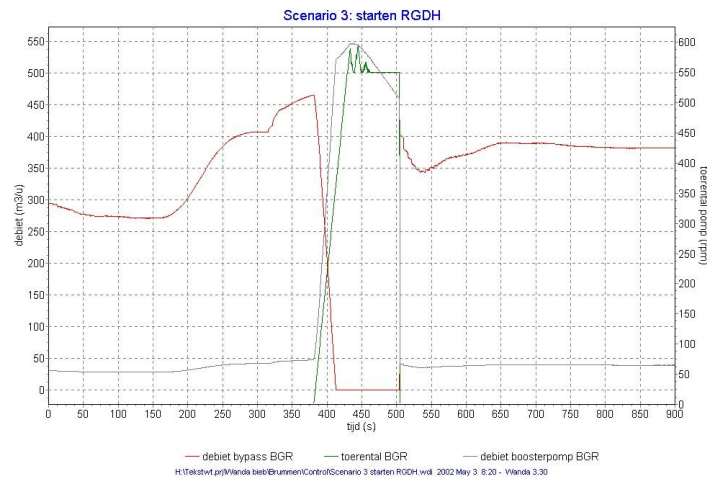


- Buiten regeling over het algemeen geen waterslagbeveiliging nodig.
- Stand-alone regeling mogelijk.
- Veelal starten en stoppen op debiet dan wel persdruk (indirect ook op debiet).
- PI-regeling toerental op zuigdruk.
- Toetsen regeling. Reactie op discontinuïteiten.

Verloop drukhoogtes in ATS Brummen



Regelgedrag boosterpomp bij grote discontinuïteiten



Structuur persleidingstelsels



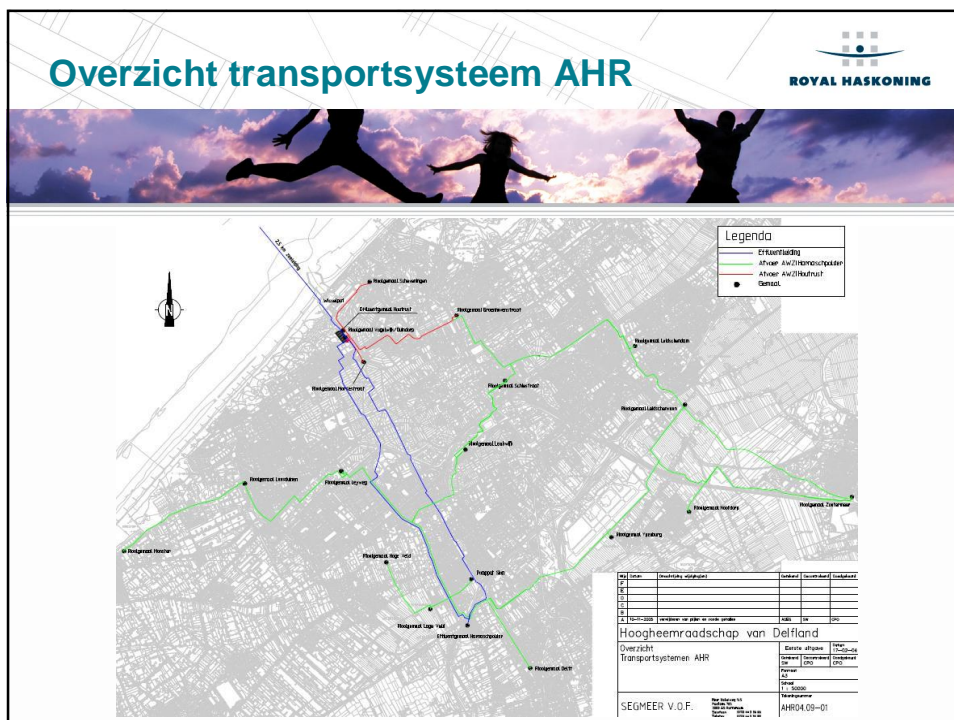
- Tendens naar steeds grotere boomstructuren.
- Aanzienlijke besparing kosten gemalen:
 - bij tussengemaal moet debiet bovenstroomse gemalen steeds opnieuw worden verpompt;
 - kosten gemaal grotendeels afhankelijk van debiet en slechts secundair van opvoerhoogte.
- Pompkeuze en pompregeling worden steeds kritischer.

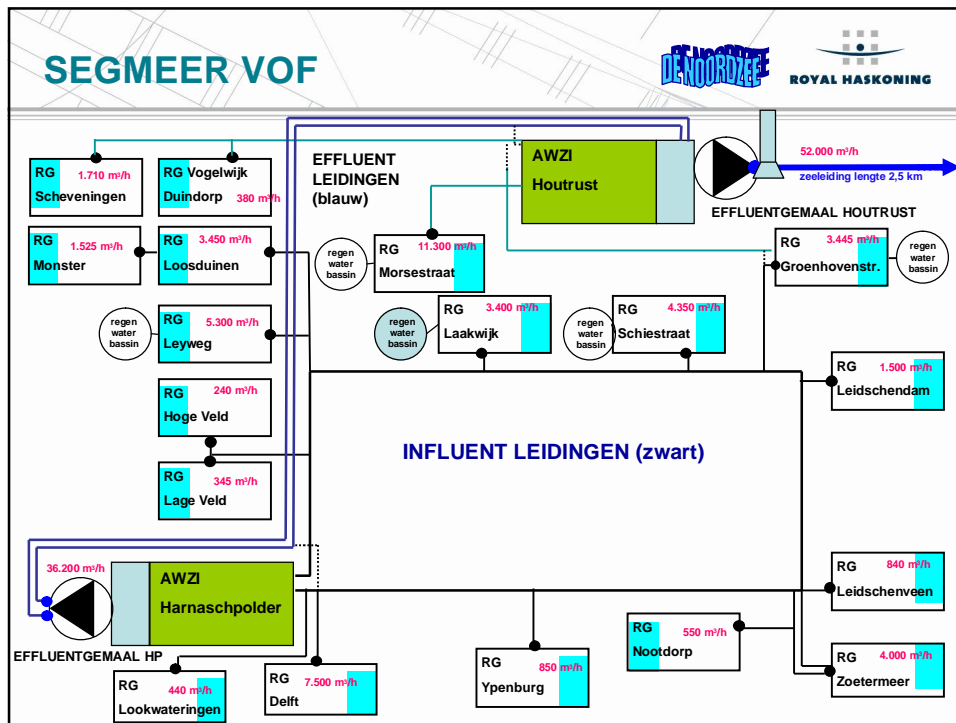
Zeer grote boomstructuren



- Afvalwatertransportsysteem Amsterdam. Hierin zijn aantal boostergemalen opgenomen.
- Afvalwatertransportsysteem Haagse Regio. Tijdelijke booster. Dit stelsel omvat een gedeeltelijke ring.

Overzicht transportsysteem AHR





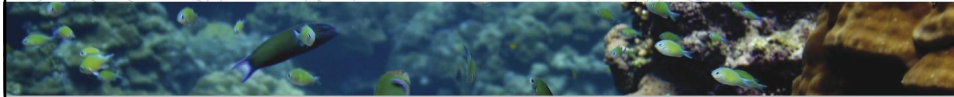
Ring AHR systeem





- In drinkwatersystemen gebruikelijk i.v.m. zekerheid levering.
- Door grote debieten bij werkzaamheden aan leidingen enorme organisatie nodig om afvoer influent te garanderen.
- Ring garandeert influentafvoer binnen transportsysteem (geen transport per as).
- In rioolwater is ring problematisch i.v.m. vervuiling. Volwaardige ring is niet mogelijk!

Mogelijkheden ring influentsysteem



- 1) Afvoer DWA bij werkzaamheden leiding:
 - Bij ringstructuur altijd stagnatiepunt (deze streng mag in normaal bedrijf worden afgesloten);
 - Ring niet geschikt voor RWA. Verjongt sterk naar stagnatiepunt;
 - Bij werkzaamheden leidingstreng binnen ring blijft afvoer DWA mogelijk (speciale pompregeling).
- 2) Afvoer alle DWA naar één AWZI.

Influentgemalen AHR



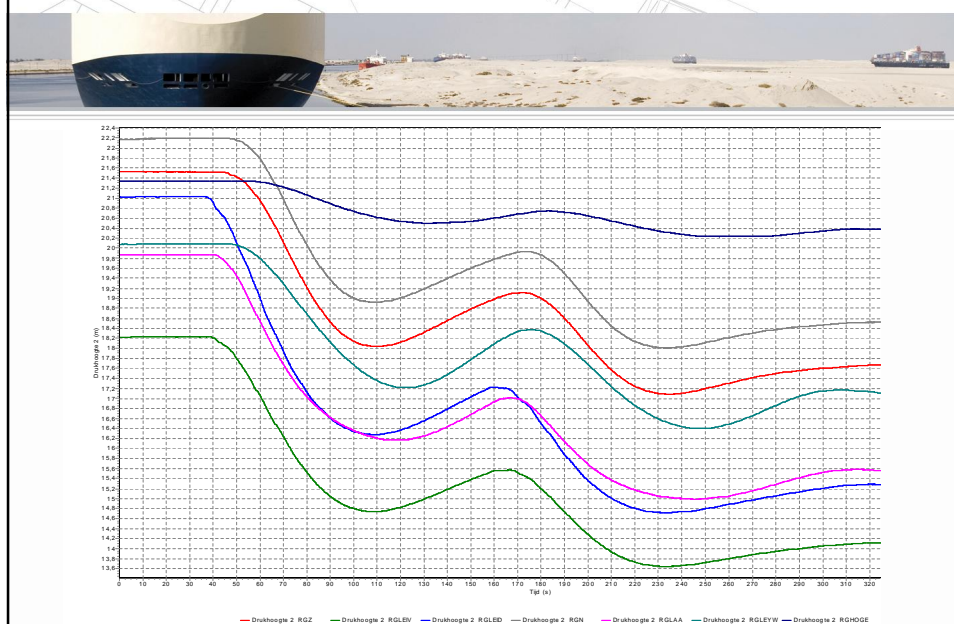
- Toerengeregelde pompen met stand-alone besturing. Dus geen tweezijdig communicatienetwerk met hoge betrouwbaarheid of redundantie nodig.
- Pompen zijn overgedimensioneerd om debieten te garanderen na slijtage pomp.
- Alle buffertorens en windketels uit gemalen influentsysteem verwijderd. Waterslagbeveiliging = sturing pompen.

Aspecten sturing



- Sturing toerental pompen op set-point debiet.
- Overgedimensioneerde pompen leveren niet te veel debiet.
- Set-point debiet is functie van waterniveau in ontvangkelder. Bij hoge debieten grote onderdompelingsdiepte.
- Gemalen worden gestuurd op variabel set-point debiet met eenvoudig instelbare Q_{min} en Q_{max} . Regeling eenvoudig aan te passen.
- (P)I regeling met vrij lage rampwaarde.
- Sturing garandeert een stabiele regeling van het systeem.

Beoordeling stabiliteit regeling



Sturing pompen



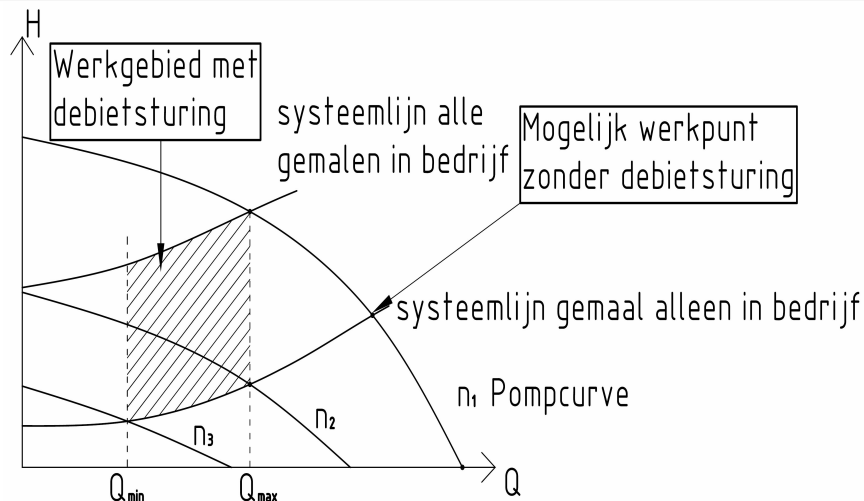
1. Eerste PI regelingen van pompen gingen uit van sturing toerental als functie van kelderstand.
2. Bij (grote) boomstructuren sterke invloed gemalen op elkaar. Debiet-sturing (direct of indirect) is noodzakelijk ten einde nog geschikte pompen te kunnen vinden.
3. Debietsturing verbetert beheersing debieten.

Debietsturing AHR systeem



1. Totale ATS heeft 3 (groepen) gemalen in serie met weinig reserve: influentgemalen – effluentgemaal Harnaspolder - effluent-gemaal Houtrust.
Zonder debietsturing te grote toleranties. Risico overlopen AWZI of ontvangkelder.
2. Systeem met groot aantal gemalen.
Afhankelijk van niet of gedeeltelijk in bedrijf zijn van andere gemalen sterk wisselende persdruk en cavitatie- en trillingsproblemen.

Pompwerkpunten met en zonder debietsturing



Monitoring watertransport



Van Asset Management naar Asset Control

Asset management: in stand houden van assets:

- Periodiek / statisch;
- Data- en gegevensbeheer.

Asset control: in stand houden van de functie van de assets:

- Toestandsafhankelijk / dynamisch / toekomstgericht;
- Informatiebeheer en intelligentie.

Asset control



- **Asset Control: iWATT®**
Toevoegen van intelligentie aan het monitoring-systeem

Wat is **iWATT®** ?

- Een smart softsensor die de beheerder zelfstandig informeert over het functioneren van het systeem

Asset control (vervolg)



Wat doet **iWATT®**?

- Continue verzameling gegevens / monitoring.
- Verwerken en interpreteren van gegevens (→ informatie).
- Beoordeelt of het systeem functioneert conform functionele eis.
- Informeren van de beheerder/ visuele presentatie.
- Bieden van oplossingen (eventueel automatische maatregelen).

