

Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur Dælur og stýringar

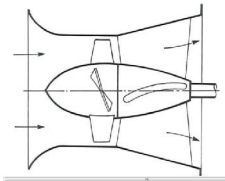
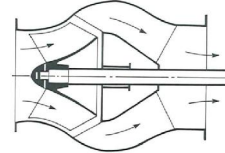
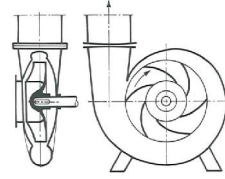
Hönnun – Dæluval - Stýringar

Þorleikur Jóhannesson
Vélaverkfræðingur

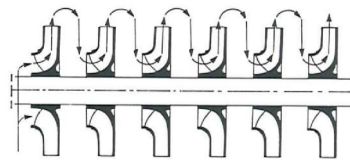


- Miðflótttaafldsælur
 - Láréttar
 - Lóðréttar
- Straumfræði
- Þrýstifall í pípum - Reiknidæmi
- Dælufarlar - kerfisfarlar
- NPSH, Net Positive Suction Head
- Dælustýringar
 - Dæling milli geyma, rað- og hliðtengdar dælur, stjórnloki eftir dælu, stjórnloki yfir dælu, hraðastýring dælu
- Dæluppsetning og stillingar
- Umræður

- Radíal dælur
 - Láréttar End Suction Pumps
- Hálf Axial dælur
 - Borholudælur
 - Margþrepa stöðvardælur
- Axial dælur



- Dælur með eitt þrep hafa takmarkaða lyftihæð
- Til að fá aukna lyftihæð er hægt að velja nokkrar dælur, hverja á eftir annarri eða margþrepa dælur
- Rennsli eykst ekki, aðeins lyftihæðin
- Til að fá meira rennsli eru oft settar margar dælur hlið við hlið



- Horizontal End Suction
 - Láréttar dælur með sogstút í enda og dælustútur upp
 - Eitt þrep
 - Algengar í dælustöðvum þar sem þarf meðal lyftihæð
- Horizontal split case
 - Láréttar dælur sem eru liggjandi, in-line dælur
 - Geta líka staðið lóðréttar
 - Algengar fyrir mikið flæði og litla lyftihæð



- Nær
 - Horizontal Split Case
 - 2 x 50%
 - Aðaldælur í kælivatnsrás sem dæla frá þró kæliturns um eimsvala og upp í turn-dreifara

- Fjær
 - Horizontal End Suction
 - 2 x 100%
 - Dælur fyrir hjálparkerfi, s.s. kæla gastæmikerfis, olíu- og rafalakæla



- Lóðrétt dæla eitt þrep

- Lóðrétt dæla mörg þrep

- Borholudæla með mótörinn uppi - þurr
 - Shaft pump

- Borholudæla með mótörinn niðri - blaut
 - Submersible Pump





Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur

9



Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur

10

- Reynoldstalan er fræðileg stærð sem lýsir vel streymisástandi í pípu.

- V : Straumhraði m/s
- L : Einhver lýsandi lengd sem umlykur rennslið
- ν : kínematísk seigja vökvans, m^2/s
(eða stoke = $10^{-4} m^2/s$)

$$Re = \frac{VL}{\nu}$$

Vatn 20°C : $1,0 \cdot 10^{-6} m^2/s$

Vatn 100°C : $0,3 \cdot 10^{-6} m^2/s$

- Í „fullum“ pípum er venjan að nota þvermálið fyrir hina lýsandi lengd.

- D : Þvermálið, m
- Q : Flæði, m^3/s
- A : Þverskurðarflatarmál, m^2

$$Re_D = \frac{VD}{\nu} = \frac{4Q}{D^2 \pi \nu}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \cdot Q}{D^2 \pi}$$

- Darcy- Weisbach

- f : Núningsstuðull $f(k/D, Re_D)$
- h_f : Þrýstihæðartap [m]
- L : Lengd pípu [m]
- V : Vatnshraði [m/s]
- D : Þvermál pípunnar [m]
- g : 9,81 m/s^2

$$\frac{h_f}{L} = f \left(\frac{1}{D} \right) \frac{V^2}{2g}$$

- Núningsstuðull, f





- k : Hrífi eða hrjúfleiki pípuveggjarins, m $\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \ln \left(\frac{2k}{D} + \frac{18,7}{Re_D \sqrt{f}} \right)$





- Nálgun fyrir núningsstuðulinn





- Gildir mjög vel ef $Re_D > 4000$


$$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{Re_D^{0,9}} \right) \right]^2}$$

- Þrengingar og víkkanir
 - Víkkanir eru með meiri mótstöðu en þrengingar
- Inntök og úttök
 - Form inntaka og úttaka skiptir verulegu máli
- Beygjur og hné
 - Aflíðandi beygjur eru betri en krappar
- Té
 - Mikilvægt að sjá hvar hraðinn er mældur í dæmunum hér á eftir
- Lokar




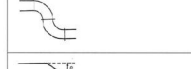
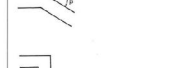
Údvildise									
	$\beta < 20^\circ$ $\Delta H = \zeta \cdot \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \cdot g}$ <table border="1"> <tr> <td>β</td> <td>5°</td> <td>10°</td> <td>15°</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>0.2</td> <td>0.5</td> <td>0.85</td> </tr> </table>	β	5°	10°	15°	ζ	0.2	0.5	0.85
β	5°	10°	15°						
ζ	0.2	0.5	0.85						
	$\beta \geq 20^\circ$ $\Delta H = \alpha_1 \cdot \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \cdot g}$ $\alpha_1 = 1.1$ for turbulent ströming								
	alm fittings $\zeta = 1.0$								
	valloes $\zeta = \alpha [4.32]$								

Inntæring															
	Pludselig inntæring <table border="1"> <tr> <td>A_2/A_1</td> <td>0</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> <td>0.3</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> <td>0</td> </tr> </table>	A_2/A_1	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	ζ	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
A_2/A_1	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0									
ζ	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0									
	Konísk eða afrunde inntæring $\zeta = 0.1-0$														
	alm fittings dimensjónsskipt $\zeta = 0$														
	Förlubing $\zeta = 0.5$														



Innlöb									
	Skarpkantede innlöb í væg $\zeta = 0.5$ <table border="1"> <tr> <td>β</td> <td>75°</td> <td>60°</td> <td>45°</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> </tr> </table>	β	75°	60°	45°	ζ	0.6	0.7	0.8
β	75°	60°	45°						
ζ	0.6	0.7	0.8						
	afrundede innlöb í væg $\zeta = 0.25$ $r > 0.1 \cdot d$								
	innlöb í frít rör $\zeta = 0.05$ $\zeta = 0.2$								
	$\zeta = 3.0$ skarp kant $\zeta = 0.6$ afrundet kant								

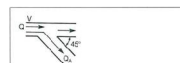
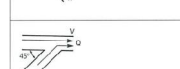

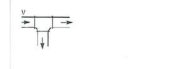
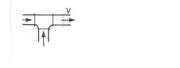
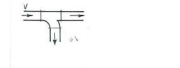
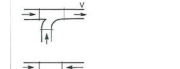
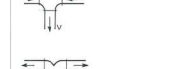

Retningsværing	
	bóging $\beta < 90^\circ$ $\zeta = \zeta_{90} \cdot \sin \beta$
$r > 4d$	$\zeta = 0.2$ ru rör $\zeta = 0.1$ glatte rör
$r = d$	$\zeta = 0.5$ ru rör $\zeta = 0.2$ glatte rör

Samsettar beygjur og té








	alm. fittings (vinkel) $\zeta = 1.0$ $d \leq 20$ mm $\zeta = 0.5$ $d > 20$ mm
	To stk. 90° beyging $\zeta = 2 \times \zeta_{\text{einstk}}$
	$\zeta = 3 \times \zeta_{\text{einstk}}$
	$\zeta = 4 \times \zeta_{\text{einstk}}$
	kræk β 0° 15° 30° 45° 60° 75° 90° ζ_{90} 0 0.03 0.12 0.28 0.5 0.77 1.1 ζ_{30} 0 0.1 0.2 0.35 0.7 0.9 1.3 $\zeta = 2.0$

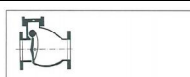



Sammenløb og afgreining

	Q_1/Q_2 0.2 0.4 0.6 0.8 ζ_A 0.9 0.9 1.0 1.1 ζ_B 0 0 0 0 A = afgreining } samme dimension G = sammenløb }
	Q_1/Q_2 0.2 0.4 0.6 0.8 ζ_A 0 0 0.5 0.8 ζ_B 0.2 0.3 0.4 0.5

	Q_1/Q_2 0.2 0.4 0.6 0.8 ζ_A 0.7 0.5 0.4 4.4 ζ_B 0 0 0 0.2
	Q_1/Q_2 0.2 0.4 0.6 0.8 ζ_A 0 0 0.2 0.4 ζ_B 0.2 0.2 0 0
	alm. fittings
	T-stk. afgreining $\zeta_A = 1.5$ $\zeta_B = 0$
	T-stk. sammenløb $\zeta_A = 1.0$ $\zeta_B = 0.5$
	T-stk. afgreining med strøm $\zeta_A = 0.5$ $\zeta_B = 0$
	T-stk. sammenløb med strøm $\zeta_A = 0.5$ $\zeta_B = 0$
	T-stk. symmetrisk afgreining eller sammenløb $\zeta_A = 3.0$
	=Bakke-T, symmetrisk afgreining eller sammenløb med strøm $\zeta_A = 1.5$

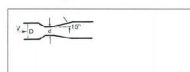

Lokar, einstefnulokar ofl.

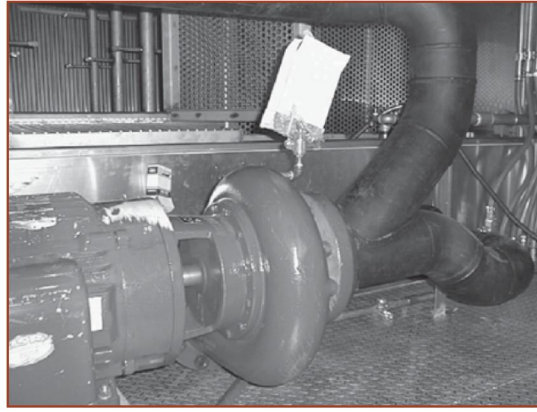
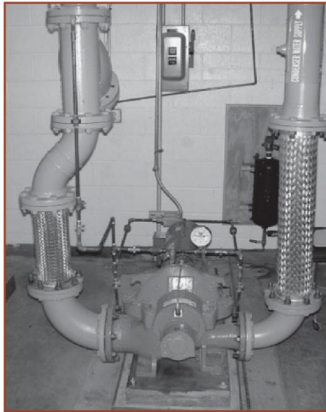
	skydeventil Uden indsnævring $\zeta = 0.3-0.1$ Med indsnævring $\zeta = 1.2-0.3$ Højtrykventiler $\zeta = 2.5-0.2$
	sædeventiler Normal type $\zeta = 10-2$
	Friløb $\zeta = 2 - 1$
	Vinkeløb - normal $\zeta = 12 - 3$
	Vinkeløb - fristrom $\zeta = 2.5 - 1.5$
	Spjældventiler $\zeta = 0.2$ (helt åben)
	Kuglehænder og andre hænder med fri gennemløb $\zeta = 0.2-0.1$ (helt åben)

	Klap-kontra-ventil $\zeta = 1.0-0.4$ (helt åben)
	Sæde kontra-ventil (evt stilbar) $\zeta = 8-1$ (helt åben)
	Kugle-kontra-ventil $\zeta = 2.0-0.5$ (helt åben)
	Bundventil med sugeskur $\zeta = 3.0-1.0$ (helt åben)

ζ -værdier ovenfor gælder helt åbne ventiler. Ved halv åbning kan ζ kan være 2-3 gange så stor. Afhængig af udførelse og anbringelsesområde skal sikres en vis mindste vækststørrelse gennem ventilen for at kunne regnes helt åben. Oplysninger må fremskaffes hos fabrikant.

Miljøindretninger

	Kort venturør d/D 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 ζ 21 6 2 0.7 0.3 0.2
	Normblænde d/D 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 ζ 300 85 30 12 4.5 2

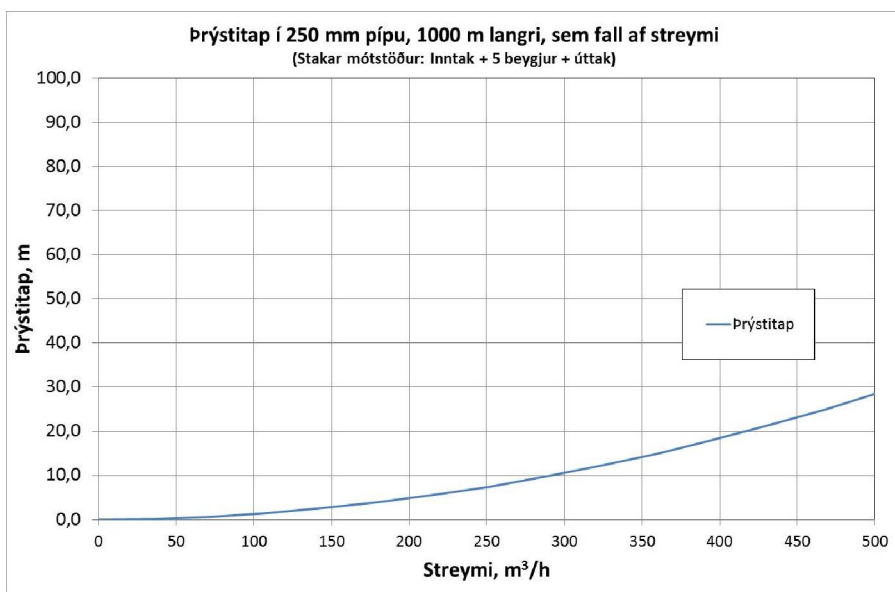


- Vökvi: Vatn @20°C
- Kinematísk seigja: $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Valin pípa
 - Innanmál: 250 mm
 - Hryfi: 0,1 mm
 - Stakar mótstöður: 2,5 stk.

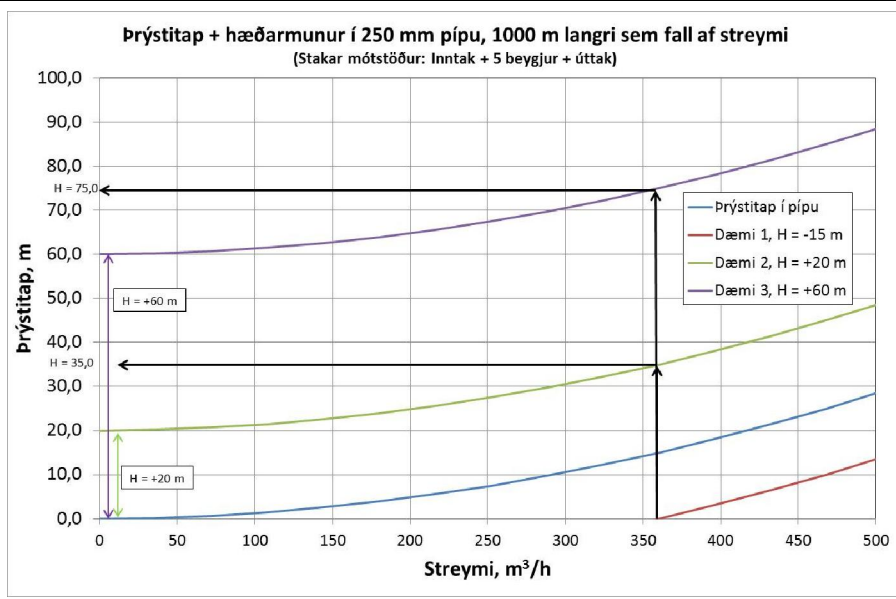
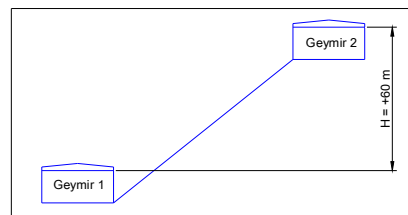
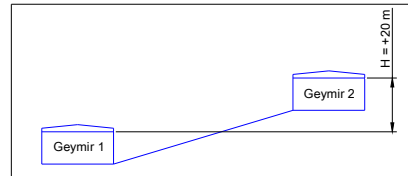
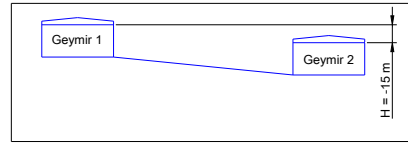
Þrýstítap í 250 mm pípu, 1000 m

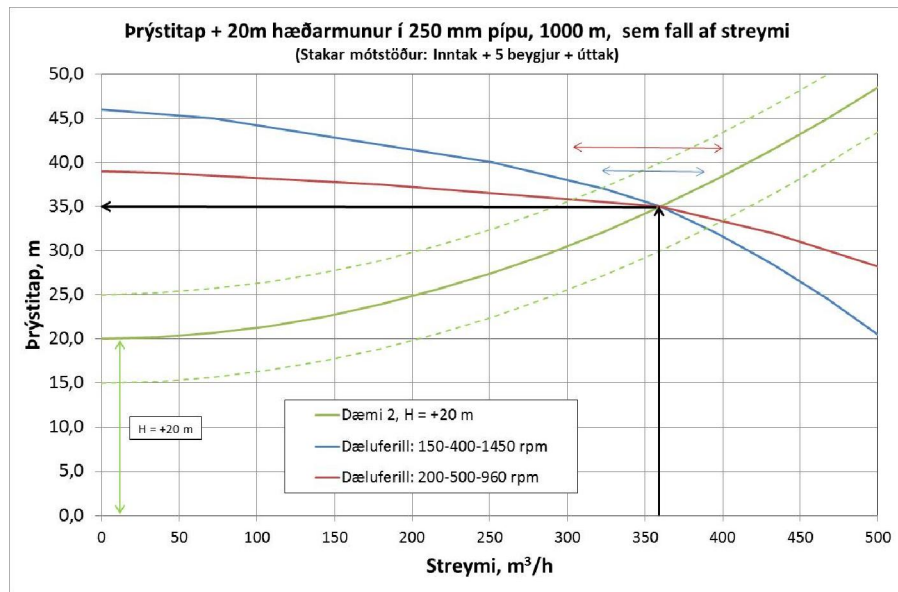
Streymi		Hraði V	Reynoldstala Re	f	Pípa hf	Stakar mótstöður		Heildar þrýsti tap
m ³ /h	m ³ /s	m/s			m	m		m
0	0,000	0,00	0	0,0000	0,0	2,5	0,0	0,0
36	0,010	0,20	50930	0,0222	0,2	2,5	0,0	0,2
72	0,020	0,41	101859	0,0199	0,7	2,5	0,0	0,7
108	0,030	0,61	152789	0,0189	1,4	2,5	0,0	1,5
144	0,040	0,81	203718	0,0183	2,5	2,5	0,1	2,6
180	0,050	1,02	254648	0,0180	3,8	2,5	0,1	3,9
216	0,060	1,22	305577	0,0177	5,4	2,5	0,2	5,6
252	0,070	1,43	356507	0,0175	7,3	2,5	0,3	7,5
288	0,080	1,63	407437	0,0173	9,4	2,5	0,3	9,7
324	0,090	1,83	458366	0,0172	11,8	2,5	0,4	12,2
360	0,100	2,04	509296	0,0171	14,5	2,5	0,5	15,0
396	0,110	2,24	560225	0,0170	17,4	2,5	0,6	18,0
432	0,120	2,44	611155	0,0169	20,6	2,5	0,8	21,4
468	0,130	2,65	662085	0,0169	24,1	2,5	0,9	25,0
504	0,140	2,85	713014	0,0168	27,9	2,5	1,0	28,9

Þrýstítap - Kerfiserill



- Pípa milli geyma:
 - Pípuþvermál: 250 mm
 - Lengd: 1000 m
 - Streymi 300 m³/h
 - Geymir 1 & 2 eru 5 m háir
- Dæmi 1
 - Geymir 2 er 15 m undir geymi 1
- Dæmi 2
 - Geymir 2 er 20 m yfir geymi 1
- Dæmi 3
 - Geymir 2 er 60 m yfir geymi 1





- Valið stendur á milli margra mismunandi kosta því auðvelt er að finna mismunandi dælugerðir sem allar vinna í sama punkti
- Lítil dæla með mikinn snúningshraða er alla jafna með brattari dælufaril þar sem dælufarill og kerfisfarill skerast
- Stór dæla með lítinn snúningshraða er alla jafna með flatari dælufaril þar sem dælufarill og kerfisfarill skerast
- Vatnsstaða í geymum, ásamt þrýstifalli hefur „lítil“ áhrif á rennsli um dælu, ef dælufarill sker kerfisfaril undir „þokkalegu“ horni.



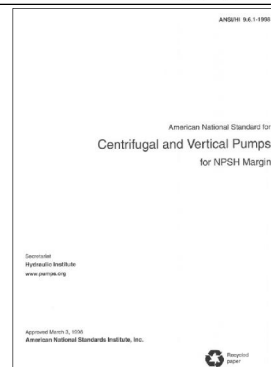
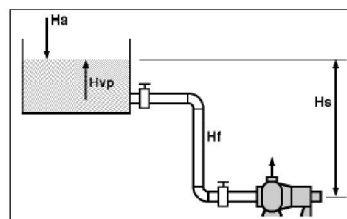
- NPSH ferla dæluframleiðenda má nota til að ákvarða minnstu „leyfilegu“ sogþrýstihæð í inntaki dælu til að koma í veg fyrir að það „sjóði“ í dæluinntakinu.
- Til að koma í veg fyrir suðu þarf inntaksþrýstihæðin að vera meiri en nauðsynleg inntaksþrýstihæð, skv. ferlum framleiðenda.

$$NPSH_A > NPSH_R$$

- Í venjulegri dælingu er þetta ekki mikið vandamál nema ef vökvinn er heitur og þrýstingur við suðumarksþrýsting
- Mjög mikilvægt atriði þegar verið er að dæla frá geymum, kæliturnum, gasskiljum og gufuskiljum

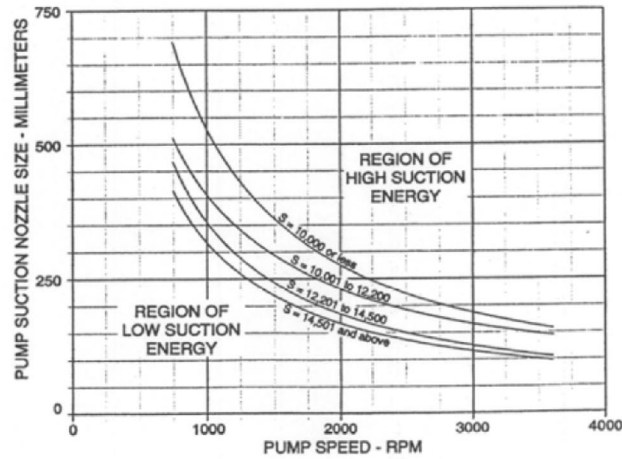
- Það er ekki alveg nákvæmt að nota hugtakið að það „sjóði“ í inntakinu þegar $NPSH_A = NPRH_R$
- Ferlar framleiðenda miðast við að dælan hafi misst 3% af framsettri lyftihæð ef $NPSH_A = NPRH_R$
- Mikilvægt er að huga að öryggismörkum þegar verið er að vinna með þessa ferla og fylgja stöðlum

- $NPSHA = H_a + H_s - H_{vp} - H_f$
 - H_a : Umhverfisþrýstingur
 - Ath að inni í lokuðum skiljum er þetta suðuþrýstingur
 - H_{vp} : Suðuþrýstingur
 - H_s : Hæðarmunur frá vatnsfleti að dælumiðju
 - H_f : Þrýstifall í sogleiðslu
- Ef vatnið er við suðumark þá er:
 - $H_a = H_{vp}$ og $NPSHA = H_s - H_f$
- Mikilvægt að nota öryggisstuðla skv. viðeigandi staðli



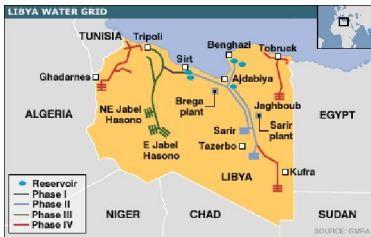
- S: The suction specific speed of the pump:

$$S = n \cdot \left(\frac{\sqrt{Q}}{(NPSHR)^{\frac{3}{4}}} \right)$$



Minimum NPSH margin ratio guidelines (NPSHA/NPSHR)			
Application	Suction energy level		
	Low	High	Very high
Petroleum	1.1 ^a	1.3 ^c	
Chemical	1.1 ^a	1.3 ^c	
Electric power	1.1 ^a	1.5 ^c	2.0 ^c
Nuclear power	1.5 ^b	2.0 ^c	2.5 ^c
Cooling towers	1.3 ^b	1.5 ^c	2.0 ^c
Water/waste water	1.1 ^a	1.3 ^c	2.0 ^c
General industry	1.1 ^a	1.2 ^b	
Pulp and paper	1.1 ^a	1.3 ^c	
Building services	1.1 ^a	1.3 ^c	
Slurry	1.1 ^a	—	
Pipeline	1.3 ^b	1.7 ^c	2.0 ^c
Water flood	1.2 ^b	1.5 ^c	2.0 ^c

- a) Or 0.6m (2 feet), whichever is greater.
 b) Or 0.9m (3 feet), whichever is greater.
 c) Or 1.5m (5 feet), whichever is greater.



Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur

33

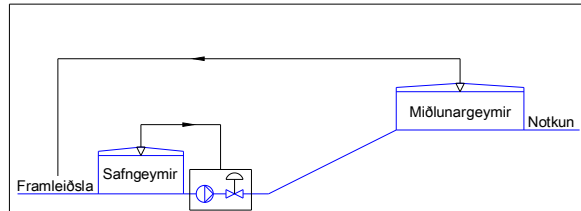
- Stundum er þörf á að stjórna rennsli um dælur og það er oftast en ekki gert óbeint með því að stjórna vatnsborði í geymum og/eða þrýstingi í kerfi
- Það má gera með dælukerfum og er þá átt við kerfi sem samanstendur af dælum og stjórnlokum
- Hér skoðum við eftirfarandi dælukerfi
 - Af/á stýring með einni dælu
 - Af/á stýring með tveimur dælum
 - Dæla á föstum hraða og stjórnloki á eftir dælu
 - Hraðastýring dælu
 - Hópstýringar

Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur

34

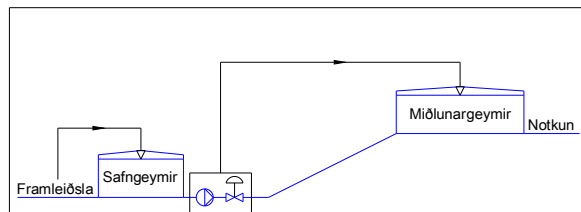
- Aðferð 1

Vatnsstaða í miðlunargeymi stjórnar framleiðslu. Dælukerfi aðveituæðar stjórnar vatnsstöðu í safngeymi



- Aðferð 2

Vatnsstaða í safngeymi stjórnar framleiðslu. Dælukerfi aðveituæðar stjórnar vatnsstöðu í miðlunargeymi

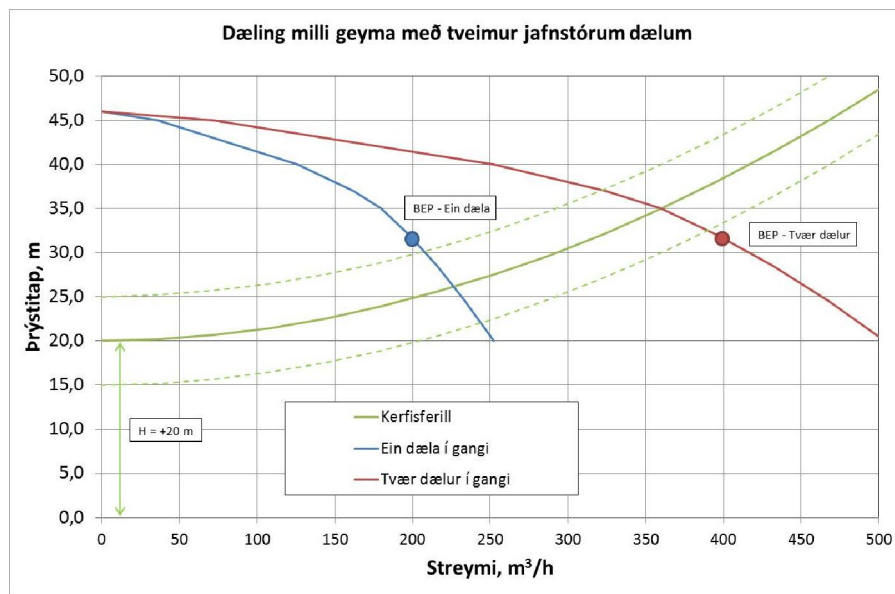


- Af/á stýring með einni dælu

- Velja eina stóra dælu
- Þegar vatnsstaða í geymi er há, er slökkt
- Þegar vatnsstaða í geymi er lág, er kveikt
- Þessi stýring nýtir rafaflið oftast mjög vel (Borholudælur)

- Af/á stýring með tveimur jafnstórum dælum

- Velja tvær jafnstórar dælur og lógískar stýringar
- Þegar vatnsborð fellur hratt eru tvær í gangi
- Þegar vatnsstaða er há og vatnsborð fellur hægt er ein í gangi
- Þegar vatnsstaða er lág og vatnsborð fellur hægt eru tvær í gangi
-o.s. frv
- Þessi stýring nýtir rafaflið ekki eins vel og stýring með einni af/á dælu



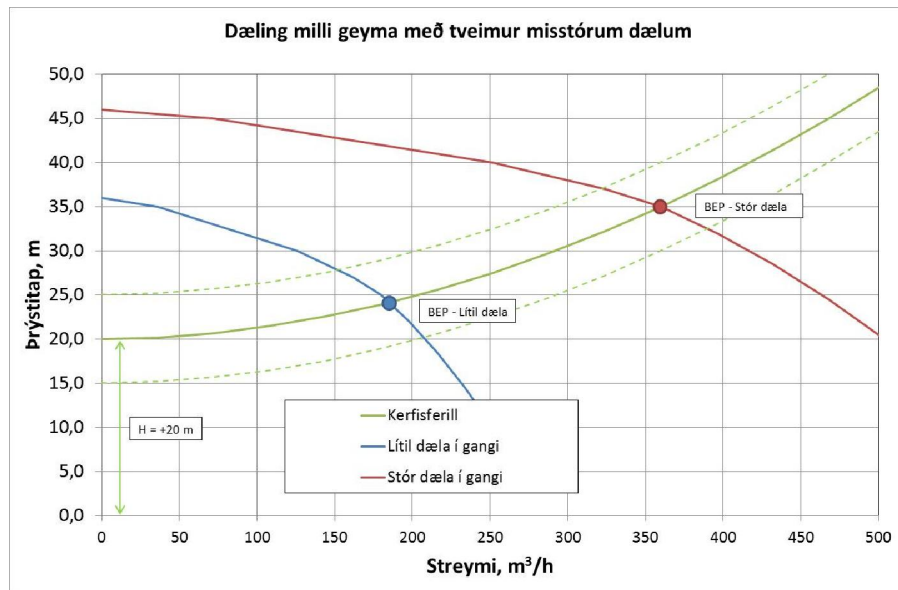
Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur

37

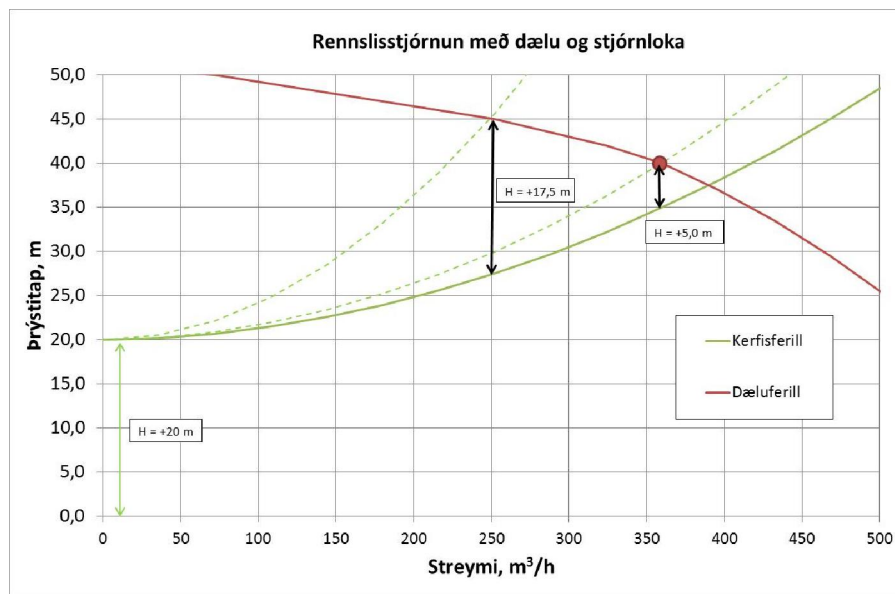
- Af/á stýring með tveimur misstórum dælum
 - Velja misstórar dælur
 - Ein fyrir lítið streymi – 50%
 - Ein fyrir mikið streymi – 100%
 - Þegar vatnsstaða er há og vatnsborð fellur hratt er litla dælan í gangi
 - Þegar vatnsstaða er lág og vatnsborð fellur hratt er stóra dælan í gangi
 - Míllivægt að hámarka þann tíma sem dælur eru stopp
 - Eru aldrei báðar í gangi í einu
 - Þessi stýring nýtir rafaflið oftast mjög vel en er dýrari en að vera með eina stóra dælu eða tvær jafnstórar
- Sammerkt með af/á stýringum er að þær þurfa þokkalega stóra geyma til að geta nýst almennilega.

Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur

38



- Nú verður að velja dælu nokkuð vel við vöxt
- Það er misjafnt hve mikla umfram lyftihæð þarf að velja við ætlað hámarksrennsli til að ná góðri reglun
- Ef ná á fram nákvæmri reglun við hámarksrennsli þarf að huga að því að stjórnlokinn hafi þokkaleg völd
- Ekki „galið“ að miða við 33% af þrýstifalli kerfisins við hámarksálag og stjórnlokinn 70% opinn.
- Í dæmi 2 hér að framan kemur til greina að velja:
 - Dæla: 150-400- \emptyset 370-1450 rpm – 75 kW
 - Nýtni í vinnupunkti : 75%
 - Reiknuð aflþörf í vinnupunkti: 52 kW
 - Run out power: 60 kW



Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur

41

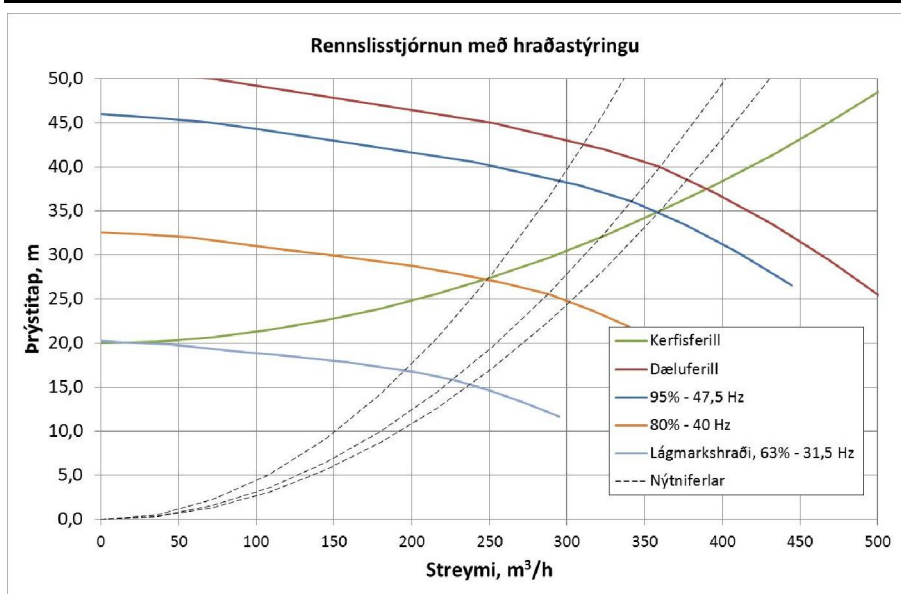
- Við 360 m³/h dælingu
 - Nýtni dælu við 360 m³/h: 75%
 - Aflþörf dælu við 360 m³/h : 52 kW
 - Tap í stjórnloka 5 kW $P = Q\rho gh$
 - Nauðsynlegt vatnsafl: 34 kW $P = Q\rho gh$
 - Nýtni öxulafis: 65% [vatnsafl/afþörf dælu]
- Við 250 m³/h dælingu
 - Nýtni við 250 m³/h: 73%
 - Aflþörf dælu við 250 m³/h : 43 kW
 - Tap í stjórnloka 12 kW
 - Nauðsynlegt vatnsafl: 19 kW
 - Nýtni öxulafis 44%

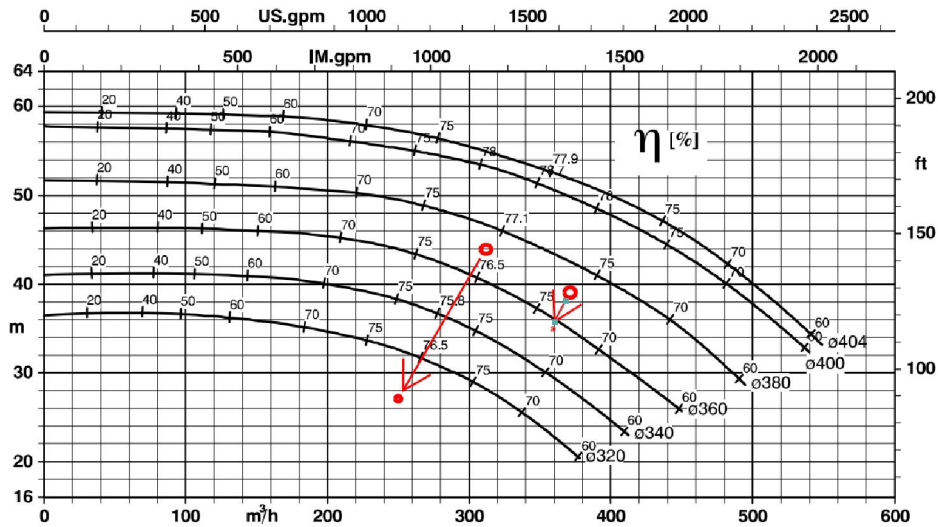
$$P = \frac{Q\rho gh}{\eta}$$

Námskeið fyrir hita- og vatnsveitur

42

- Þegar hraða dælu er breytt hliðrast dælukúrfur
- Horfum á einn vinnupunkt á dælukúrfu og miðum við fullan hraða
- Þegar hraði dælu er minnkaður
 - Þá minnkar streymið um lækkunina í fyrsta veldi
 - Þá minnkar lyftihæð um lækkunina í öðru veldi
 - Þá minnkar aftakan um lækkunina í þriðja veldi
- Sérhver punktur dæluferilsins fylgir því annarar gráðu falli í gegnum 0





- Við 360 m³/h dælingu - 47,5 Hz
 - Nýtni dælu : 74%
 - Aflþörf dælu við 360 m³/h : 46 kW
 - Nauðsynlegt vatnsafl: 34 kW $P = Q\rho gh$
 - Nýtni öxulafis: 74% [vatnsafl/aflþörf dælu]
- Við 250 m³/h dælingu – 40 Hz
 - Nýtni dælu við 250 m³/h: 77%
 - Aflþörf dælu við 250 m³/h : 24 kW
 - Nauðsynlegt vatnsafl: 19 kW
 - Nýtni öxulafis 77%
- Þrátt fyrir að töp í mótur og hraðastýringu séu umtalsverð er ljóst að hraðastýrð dæla á hér mjög vel við

- Þegar lyftihæð er mikil og þrýstifall lítið
 - Dæling frá borholum í safngeymi, þá getur af/á stýring verið betri
 - Dæling frá eimpétti (condenser) upp í tank
- Við slíkar aðstæður þarf oft að grípa til stjórnlokastýringar til að ná almennilega að stjórna vatnsborði
- Þar sem ekki þarf reglun
- Hraðastýring er „best“ í hringrásarkerfi, þar sem þrýstingur við ekkert rennsli má vera núll.
- Statísk hæð þvælist meira fyrir

- Setja dælu á steiptan hnall og aðskilja frá öðrum byggingahlutum
- Hnallur ætti að vera a.m.k 3-4 sinnum þyngri en dælan
- Mikilvægt að herða dælu niður á hnallinn og ná togi í stagboltana
- Aldrei skal láta dælu standa á steiptum teinum
- Litlar dælu mega þó hanga í pípulögninni

- Huga vel að sogpípunni
- Passa að loft geti ekki safnast í poka í sogpípunni
- Tryggja góðar streymisaðstæður inn á dæluna með því að tryggja $2 - 5 \times D$, sumir segja 5 - 10
- Ekki gera hlutina flókna þegar hægt er að gera þá á einfaldan hátt

