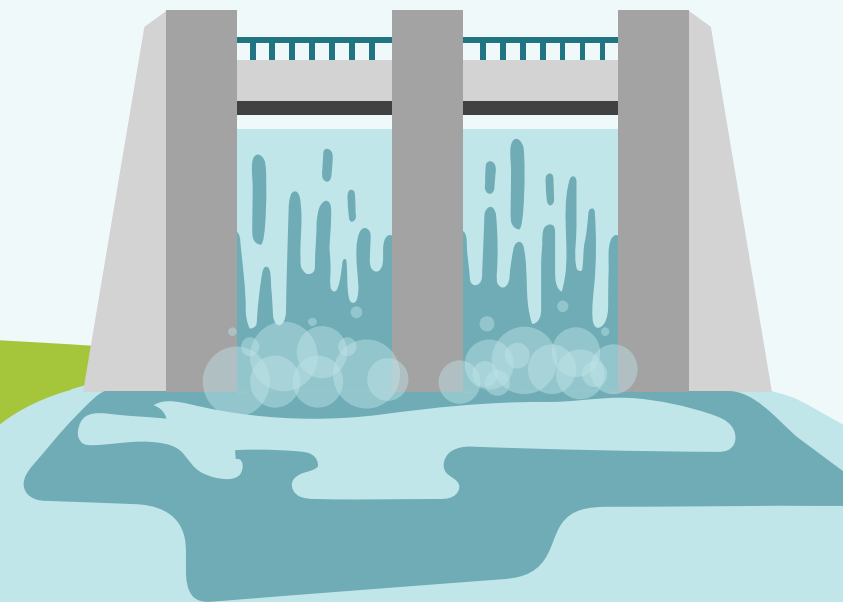


# Miljöanpassade intag och kostnadseffektiva åtgärder vid omprövning av vattenkraft

- Vad är viktigt för ett intags miljöanpassning?
- Genomgång och analys av 70 föreslagna NAP ansökningar

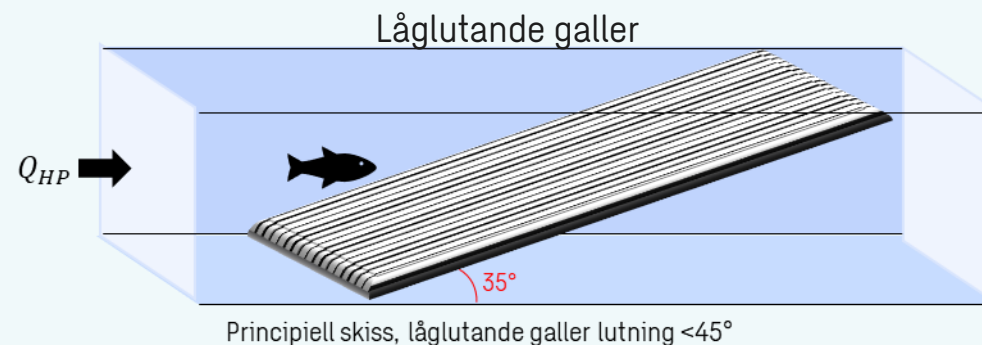
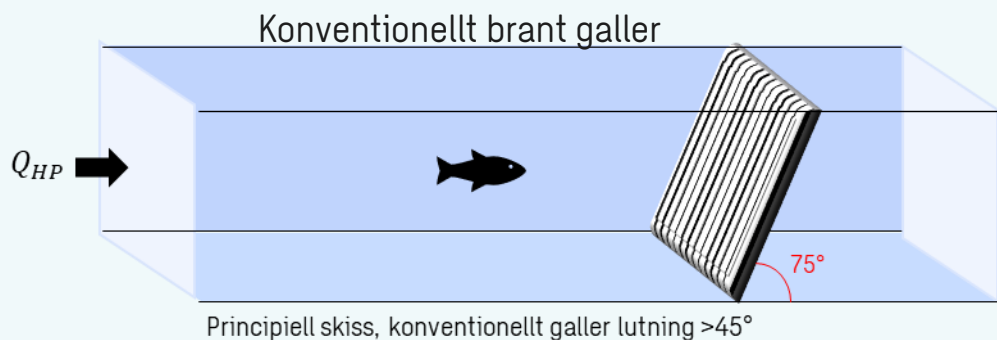
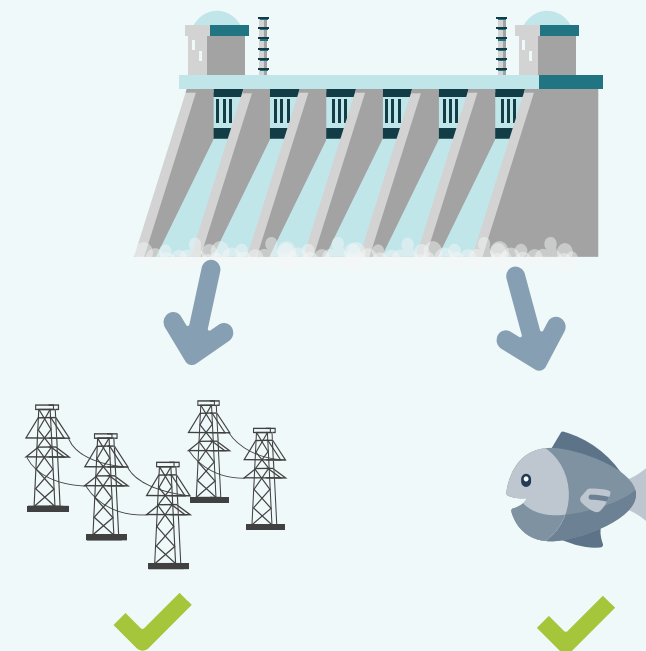
Anders Johansson,  
Daniel Thörnqvist & Anders Bard

[Anders.g.johansson@sweco.se](mailto:Anders.g.johansson@sweco.se)



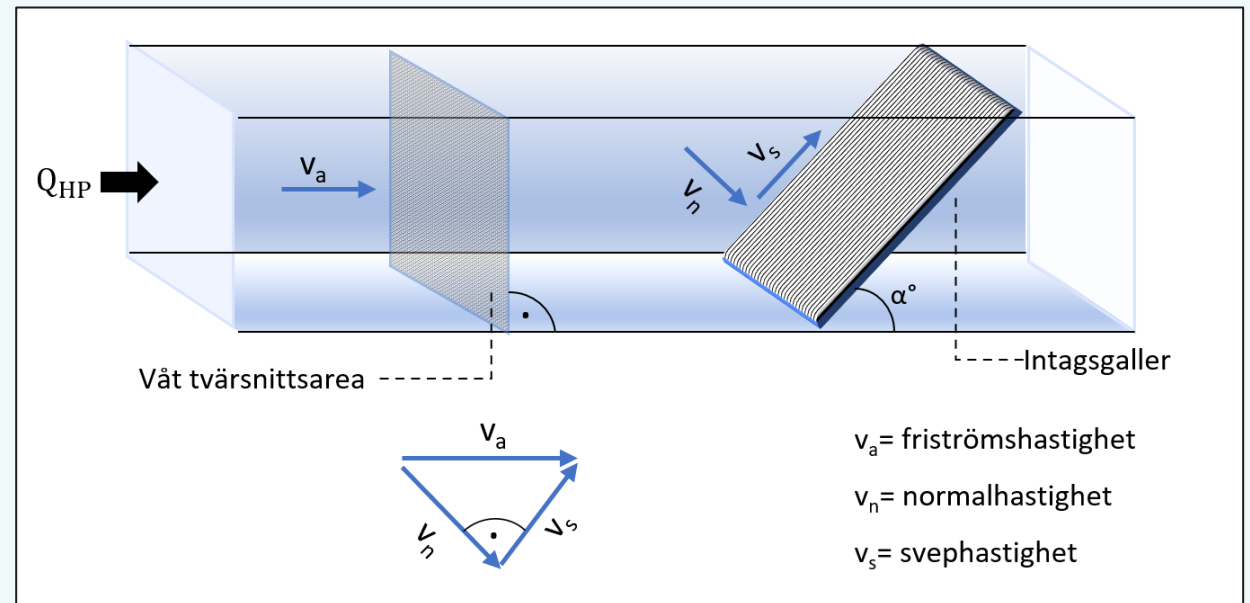
# Bakgrund

- **Kostnadseffektiva** åtgärder för god vattenmiljö
- Åtgärder för nedströmspassage av fisk förbi kraftverk, fysiska avledare - intagsgaller vid turbinintag till vattenkraftverk
- **Vilka** åtgärder bör genomföras och **varför**?
- Vilken **lutning** på gallret fordras vid olika vattenhastigheter?
- **Höga hastigheter** och avsaknad av passage → fastklämning eller genomträngning
- Med låglutande galler kan fiskar ledas till en flyktöppning
- Ombyggnation av intag kan medföra stora **kostnader**



# Bakgrund

- **Friströmshastigheten** ("approach velocity") är hastigheten av relevans att jämföra med fiskars simkapacitet.
- Friströmshastighet  $< 0,5$  m/s skälig generell gräns (Persson och Leonardsson, 2021)
- Friströmshastigheten måste vara lägre än simförmågan hos fisken  $V_a < V_{crit}$



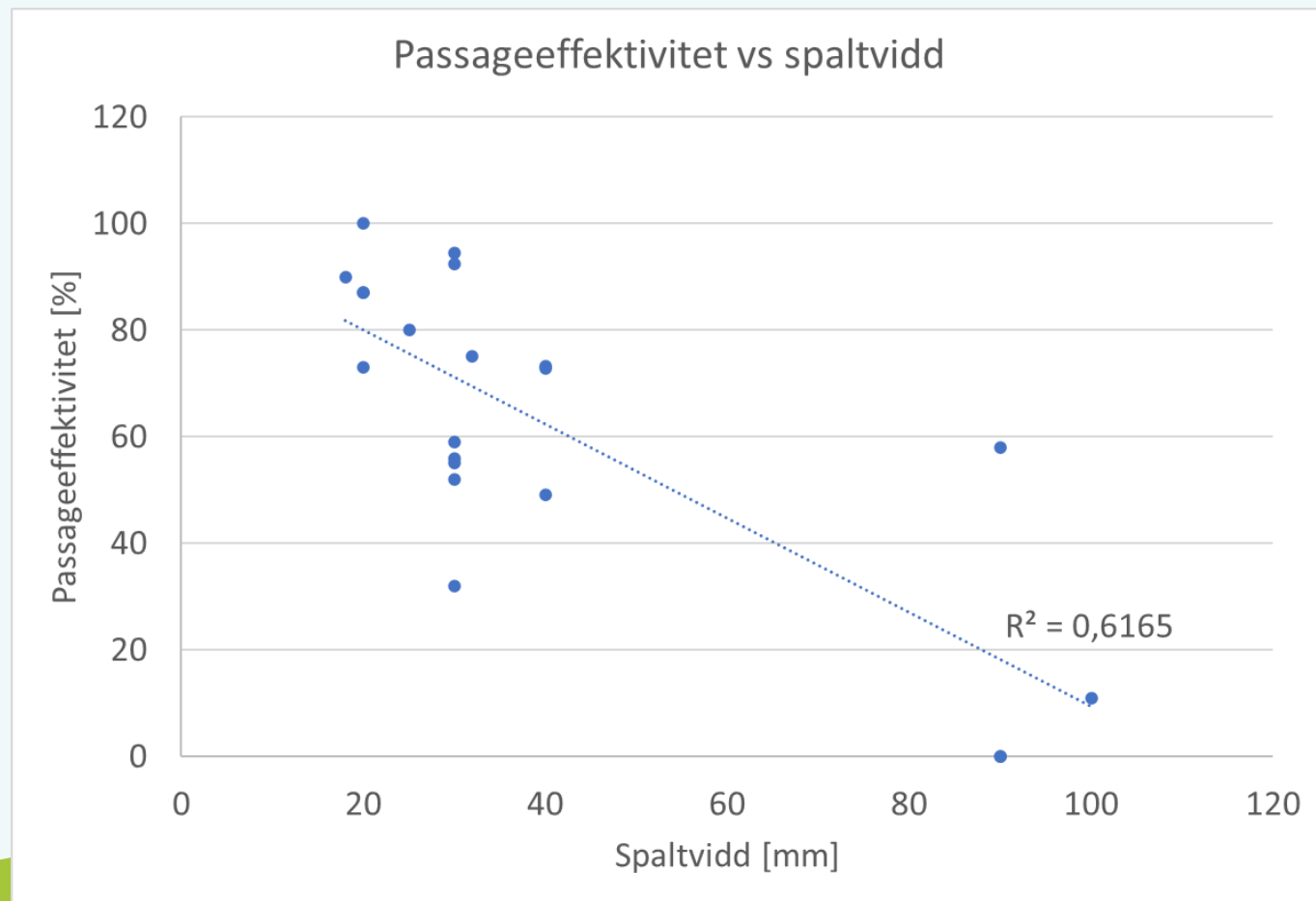
# Mål

- Undersöka om det finns ett samband mellan friströmshastigheter och passageeffektivitet
- Eventuellt ge vägledning kring maximal friströmshastigheter för intag
- Kartlägga friströmshastigheter vid slukförmåga i intag hos vattenkraftverk i omprövningsansökningarna



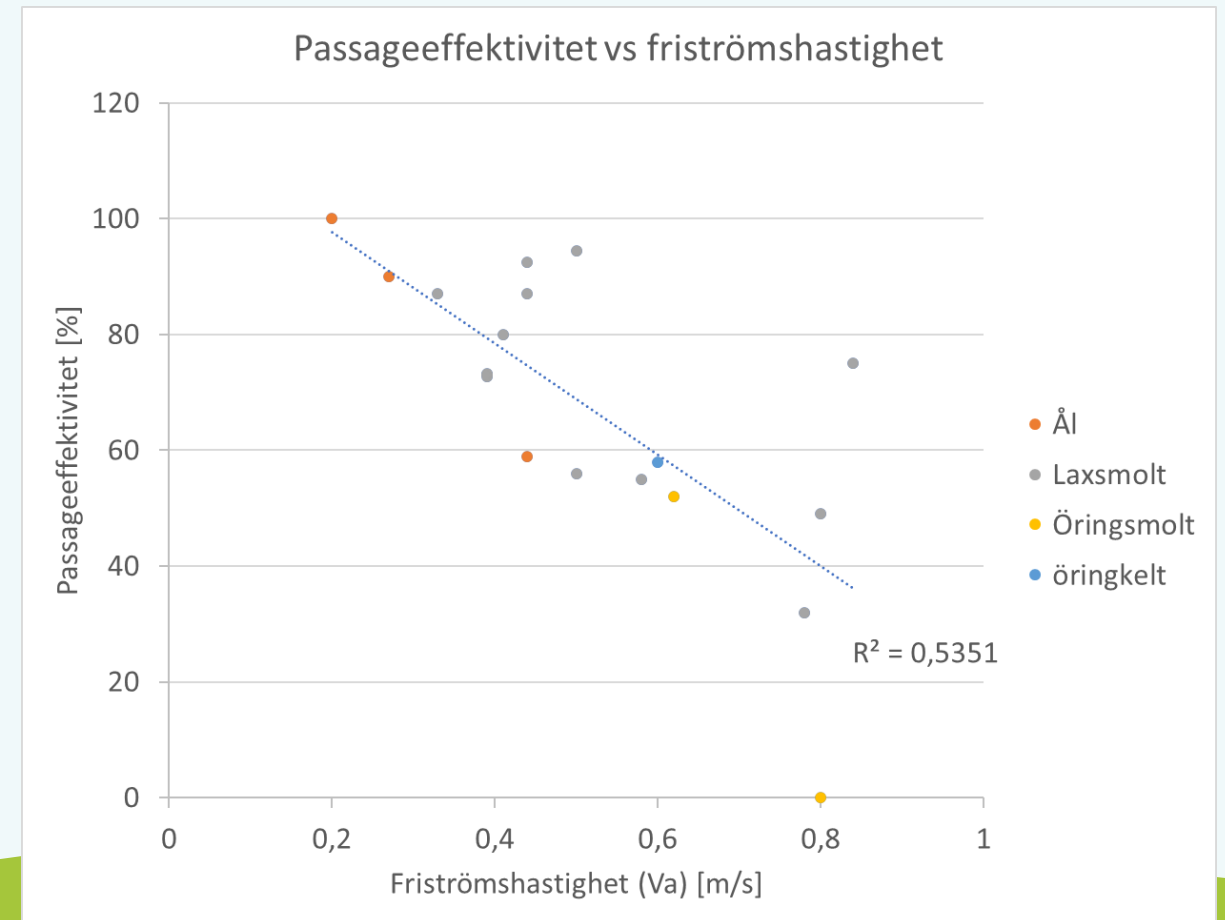
# Resultat spaltvidd

- Det finns ett samband mellan spaltvidd på intagsgaller och passageeffektivitet
- Låg spaltvidd ger generellt en hög passageeffektivitet



# Resultat - friströmshastigheter

- Det finns ett starkt samband mellan friströmshastigheten och passageeffektivitet. Högt  $R^2$  för dataserien.
- Låg friströmshastighet ger generellt en hög passageeffektivitet



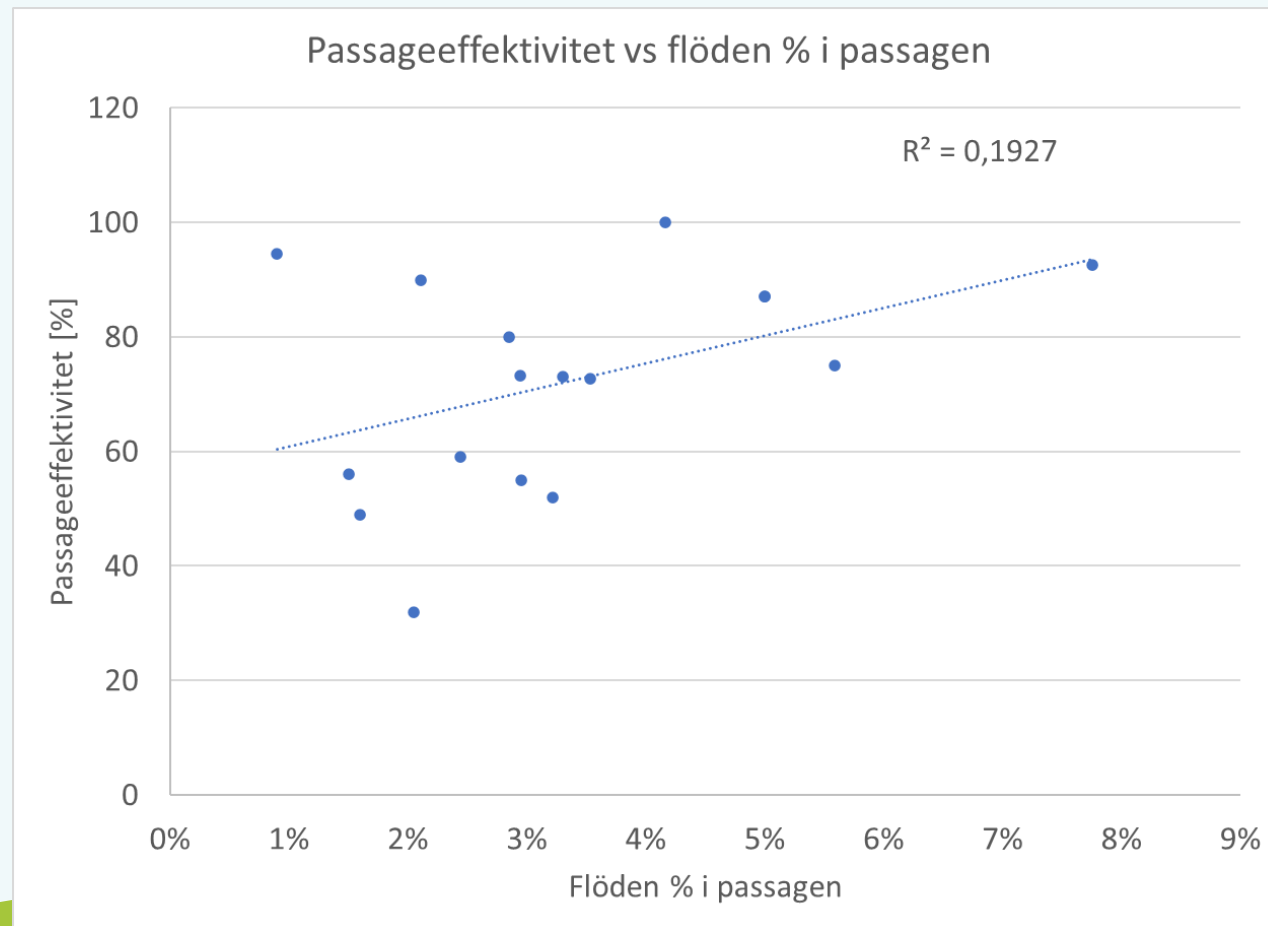
# Exempel - friströmshastigheter och ål

- Wahnhausen (även flera kraftverk) har tillämpat maximal friströmshastighet ( $V_a$ ) om 0,5 m/s under ålvandringsperioden, intaget har spaltvidd 20 mm.
- Resultatet är gott och ingen fastklämning under perioder man begränsar  $V_a$  (Thalman 2015).
- Begränsad vandringsperiod för ål (!)



# Resultat - flöden

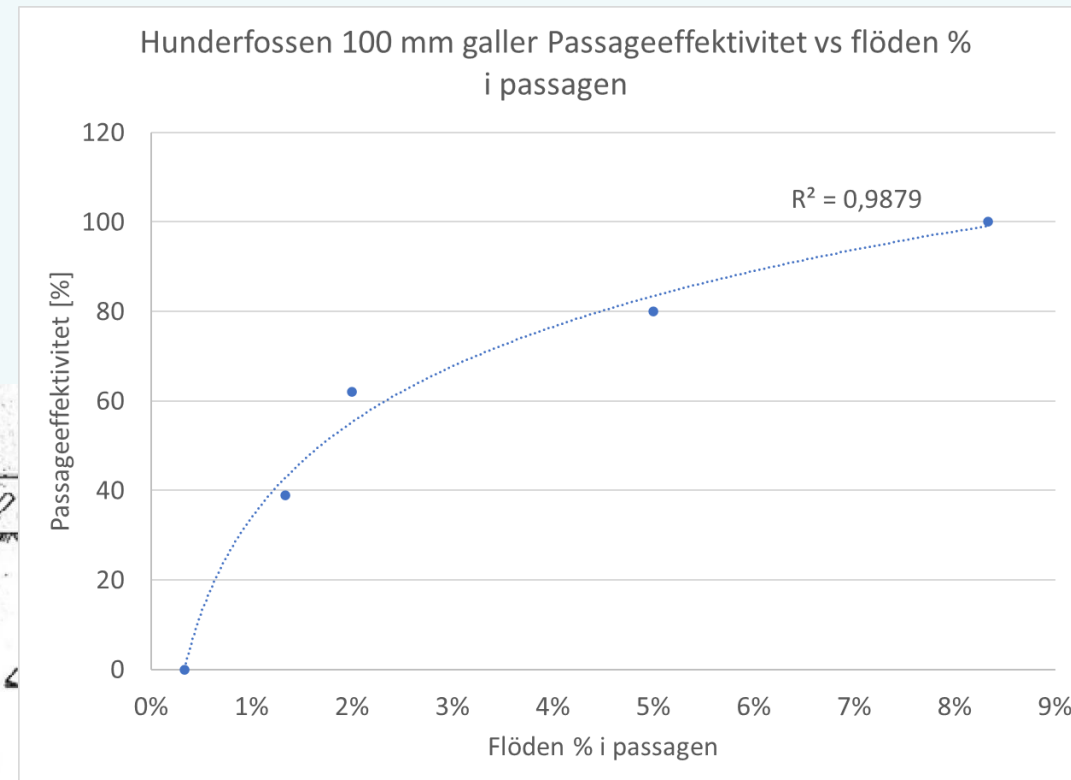
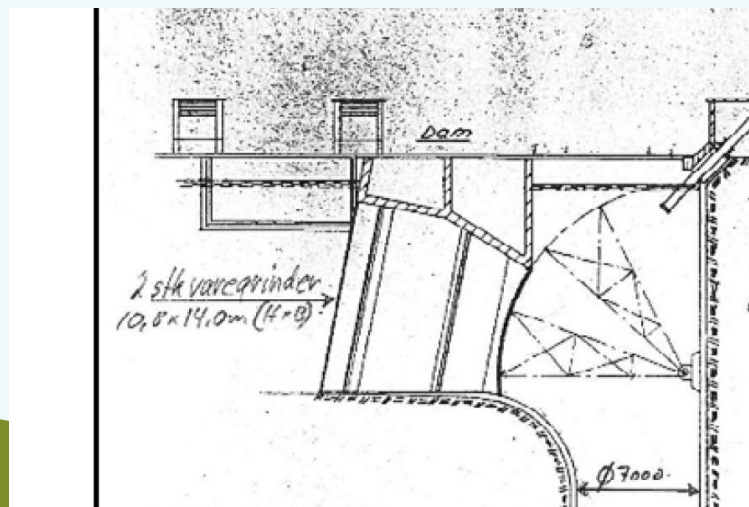
- Det finns ett positivt samband mellan flöden i passagen och passageeffektivitet
- Ökat flöde tycks i viss mån kunna kompensera både en bredare spaltvidd och höga friströmshastigheter
- Tidigare vetenskapliga rekommendationer på 2-10 % av kraftverksflödet





# Exempel – flöden i flyktöppning Hunderfossen

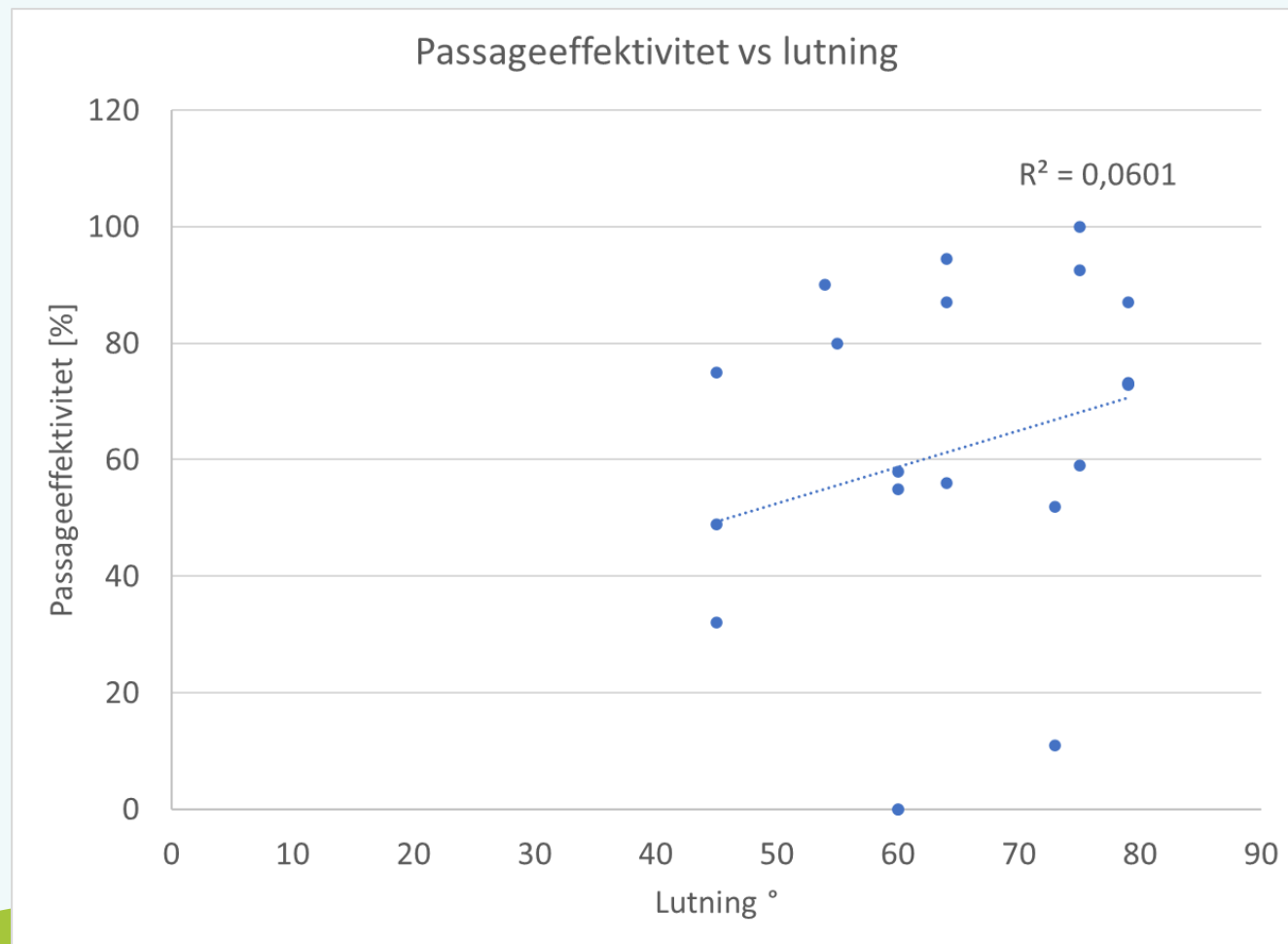
- Hunderfossen: spaltvidd 100 mm,  $V_a$  1 m/s,  $Q_{HP}$  300 m<sup>3</sup>/s
- Studie genomförd på öringkelt visar att ökat flöde ger högre passageeffektivitet
- Flödet kan kompensera för spaltvidd och friströmshastighet



# Resultat – Gallerlutning

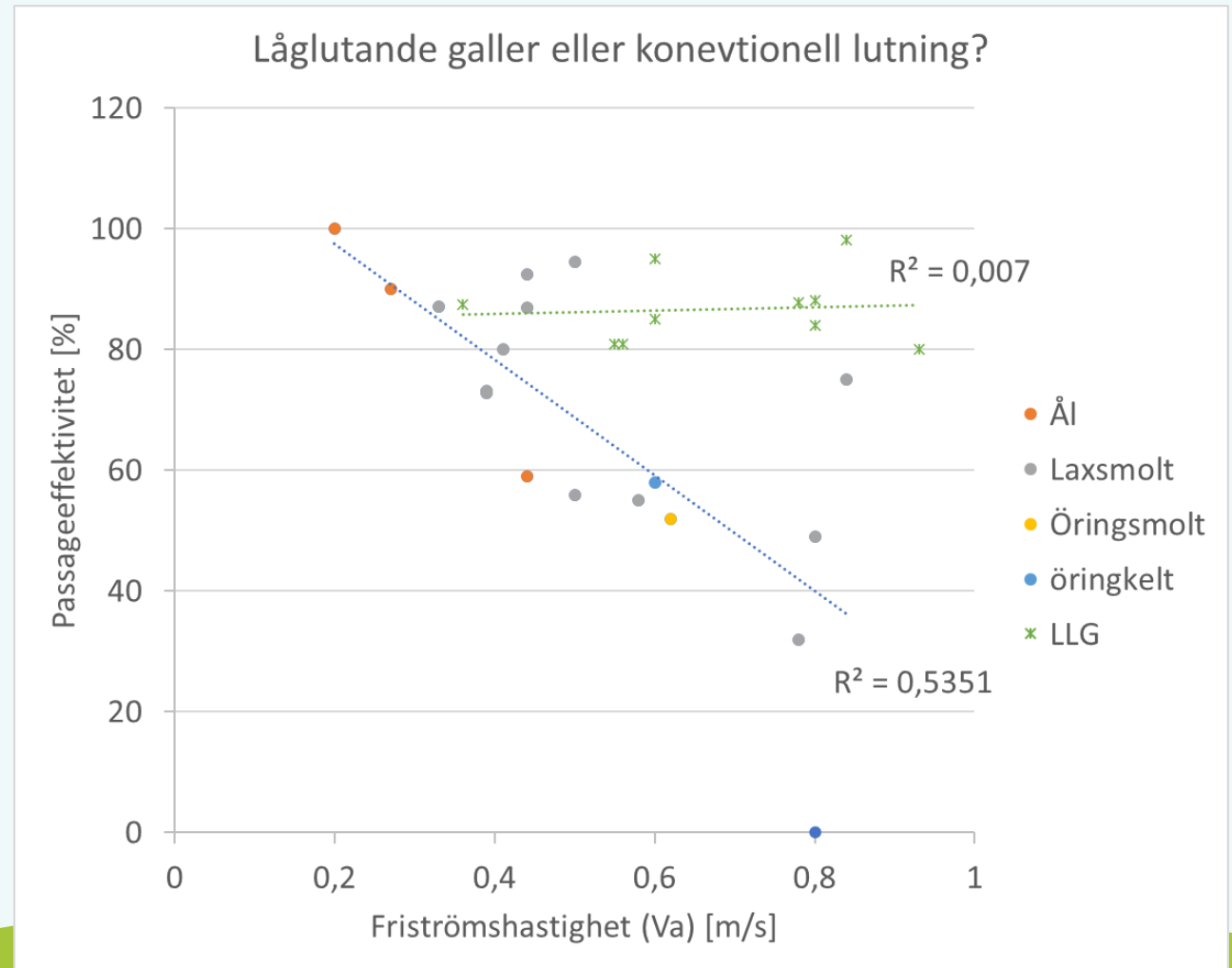
- Det saknas samband mellan lutning på konventionella intagsgaller och passageeffektivitet
- Vilket visar att  $V_N$  som parameter saknar betydelse för passageeffektiviteten
- Normalhastighet och svephastighet endast relevant när fisken är i kontakt med galler.

$$V_N = \sin \alpha \times V_A$$



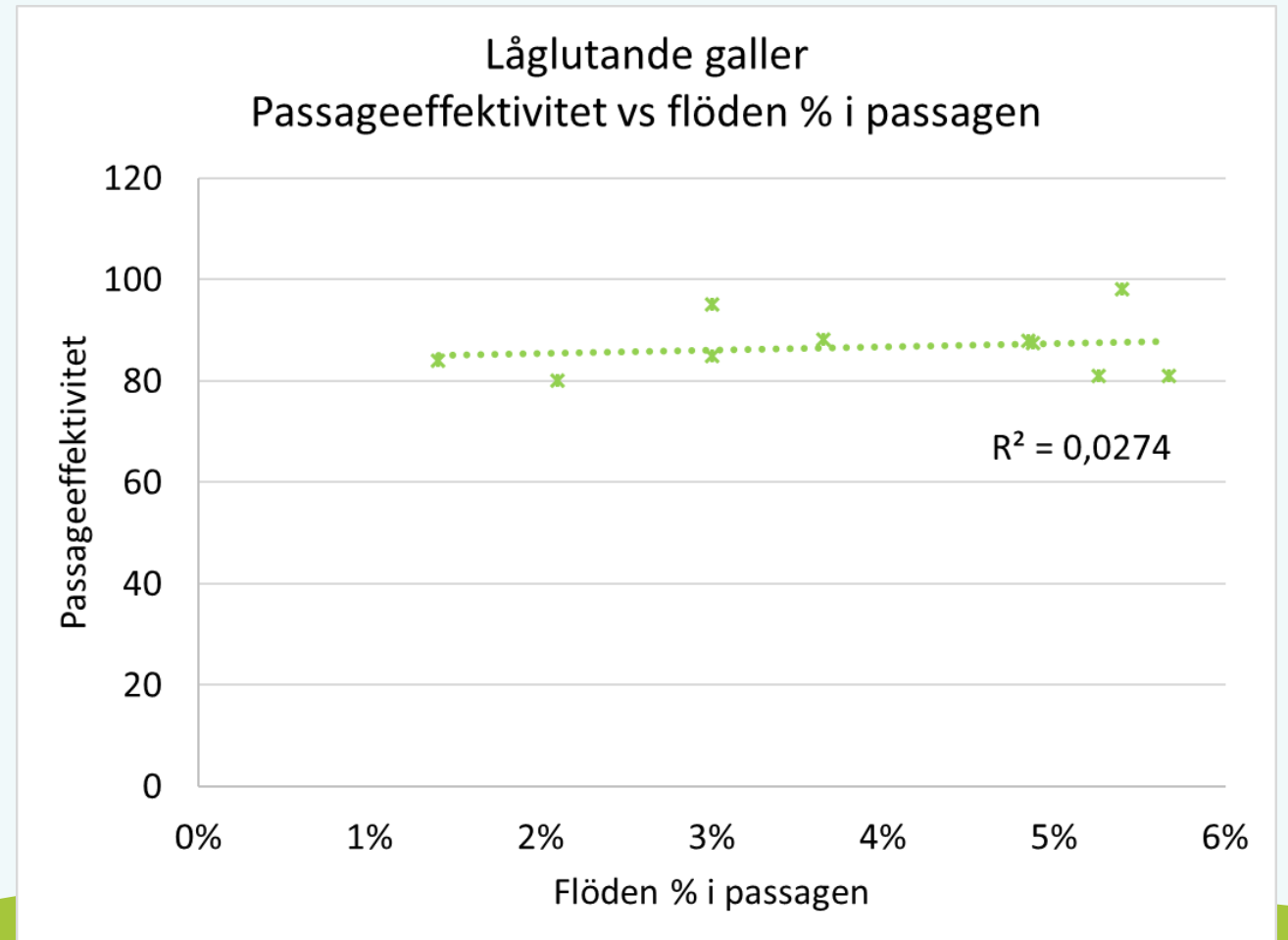
# Resultat – Låglutande galler?

- Samband mellan friströmshastighet och passageeffektivitet saknas för låglutande galler.
- Den relativa nyttan med ett låglutande galler är större vid höga friströmshastigheter (!)



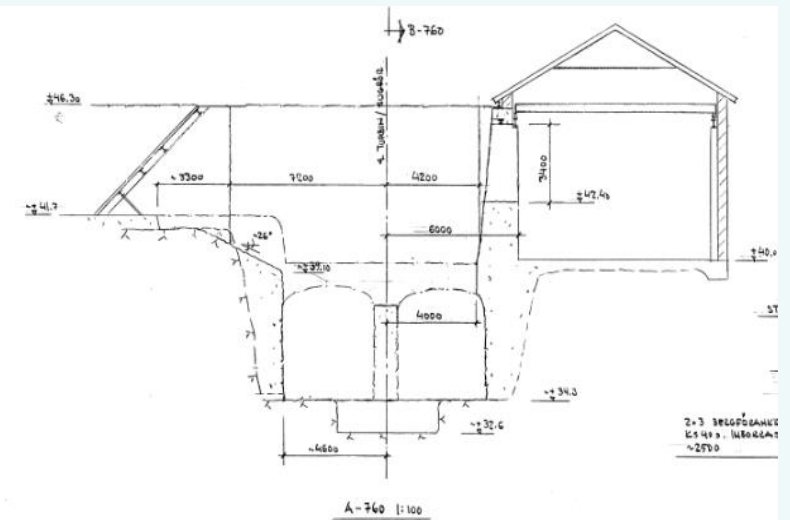
# Resultat – Låglutande galler och flöden

- Samband mellan flöden och passageeffektivitet saknas för låglutande galler.
- En trolig fördel jämfört med konventionell lutning
- Rekommendation flöden för låglutande galler är 2 %.
- Kan rekommendationen vara lägre?



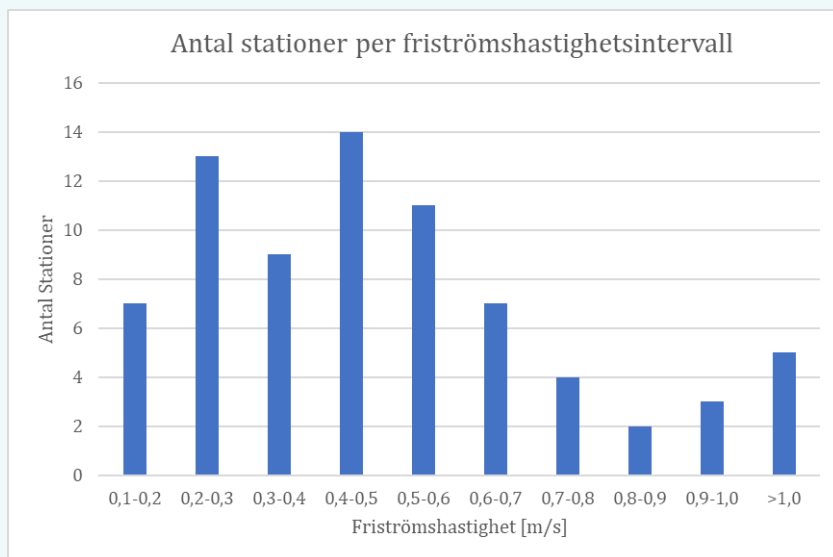
# Exempel-Övre och Nedre Finnsjö Greenberg m.fl. 2012

- “The purpose of this study was to measure guidance efficiency of existing trash”
- Övre Finnsjö: Flöde 17 % PE 0 % ( $V_a:0,8$  m/s)
- Nedre Finnsjö: Flöde 10 % PE 52 % ( $V_a:0,6$  m/s)
- “The lack of a guidance effect at upper Finsjö could not be explained.”
- Friströmshastigheten kan ha haft avgörande betydelse vid undersökning av passageeffektivitet.

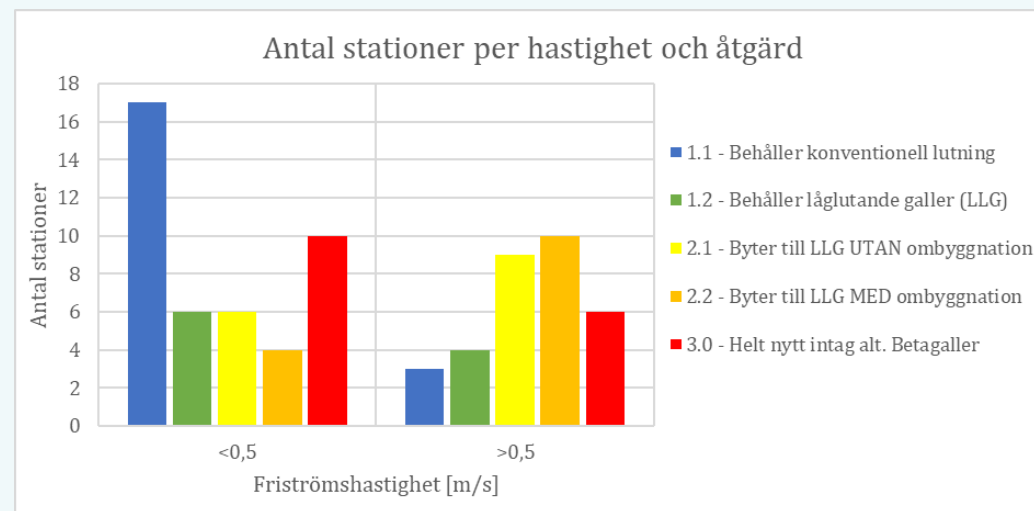


# Resultat – analys av 70 föreslagna NAP

- ”... krävs utökade studier och helst då under förhållanden som är mer representativa för ett småskaligt kraftverk i full drift, bl.a. en vattenhastighet om cirka **1 m/s**” (Energiforsk RAPPORT 2020:649)
- 57% av kraftverken har maximala friströmshastigheter lägre än gränsen 0,5 m/s.
- 27% ansöker om att behålla konventionellt galler
  - Majoritet under 0,5 m/s
- 73% har eller föreslår byte till låglutande galler
  - Lika många över som under 0,5 m/s



	Medel	Standardavvikelse	Median	Min	Max
Friströmshastighet [m/s]	0,51	0,28	0,47	0,15	1,38



# Resultat – ekonomisk analys

- Totala besparingar beräknades i de fall kostnader för ombyggnation översteg uppskattade nuvärdet för produktionsförlusten
- Totala besparingar 37,4 miljoner SEK, produktionsminskning på 1,6 GWh per år
- **Extrapolerat på 1800 antaget ekvivalenta småskaliga vattenkraftverk i omprövningsprocessen**  
 → **670 miljoner SEK** och produktionsminskning som uppgår till **2 % (29 GWh/år)** av det nationella riktvärdet på 1,5 TWh per år

Stations ID	Intags ID	Frisköms hastighet vid DG [m/s]	Kostnad ombyggnation [kkr]	Kostnad produktionsbortfall [kkr]	Totala besparingsmöjligheter [kkr]
39	42	1,38	3 473	3 186	286
33	35	1,27	4 932	9 939	0
36	39	1,23	1 379	86	1 293
34	36	0,90	3 889	17 099	0
67	72	0,88	3 450	4 296	0
64	69	0,77	4 205	3 340	865
3	3	0,76	1 801	936	865
15	15 & 16	0,73	7 823	799	7 025
2	2	0,72	932	2 393	0
38	41	0,69	5 019	1 250	3 769
8	8	0,65	5 274	2 602	2 672
65	70	0,65	3 096	2 188	908
18	19	0,59	3 176	1 223	1 953
57	62	0,54	3 515	78	3 437
20	21	0,53	580	143	437
10	10	0,52	867	6	862
48	52	0,50	901		901
19	20	0,44	880		880
16	17	0,43	636		636
59	64	0,43	2 085		2 085
41	44	0,41	697		697
43	46	0,39	655		655
13	13	0,30	196		196
55	60	0,30	3 014		3 014
58	63	0,28	1 308		1 308
45	48	0,28	1 675		1 675
5	5	0,27	234		234
37	40	0,16	241		241
30	32	0,15	521		521

# Slutsatser

## Vattenhastigheter och åtgärder

- Otydliga vägledningar kan ha lett många föreslagna installationer av låglutande galler trots låga hastigheter
- Byte av åtgärd från ombyggnation av intag till produktionsbegränsning kan resultera i stora besparingar med samma miljönytta
- 37,4 miljoner SEK för omprövningsomgång 2022 och 670 miljoner SEK för hela omprövningsprocessen (1800 kraftverk), med 2 % av 1,5 TWh per år i produktionsminskning



# Slutsatser

## Vad är viktigt för ett intags miljöanpassning?

- Spaltvidd
- Friströmshastighet ( $V_a$ )
- Flöden (och flyktöppningar)
  
- Säsong anpassa friströmshastighet ( $V_a$ )!
  
- Överväg låglutade galler om friströmshastigheten är för hög och kostnaden för att reducera friströmshastigheten ( $V_a$ ) är större än kostnaden för ett låglutande galler.

Tack!

